«НАУКА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ» **«SCIENCE IN THE CENTRAL RUSSIA»**
Научно-производственный периодический журнал The research-and-production periodic magazine
№7, 2014 г.
Основан в 2012 г. **It is based in 2012.**
Выходит 6 раз в год **There are 6 times a year**

Учредитель и издатель журнала:
государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов Российской академии сельскохозяйственных наук
(ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА

ЗАЗУЛЯ Александр Николаевич — главный редактор, д-р техн. наук, директор ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии

НАГОРНОВ Станислав Александрович — зам. главного редактора, д-р техн. наук, профессор, зам. директора по научной работе ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии

ГОЛУБЕВ Иван Григорьевич — д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки Московской области, зав. отделом ФГБНУ «Росинформагротех»

ГОРБАЧЕВ Иван Васильевич — член-корреспондент Россельхозакадемии, д-р техн. наук, профессор, академик-секретарь Отделения механизации, электрификации и автоматизации Россельхозакадемии

ЕРОХИН Михаил Никитьевич — академик Россельхозакадемии, заслуженный деятель науки РФ, д-р техн. наук, профессор, лауреат премии Правительства РФ, Президент ФГБОУ ВПО «МГАУ им. В.П. Горячкина»

ЖАЛНИН Эдуард Викторович — д-р техн. наук, профессор, лауреат Государственной премии РФ в области науки и техники; зав. отделом ГНУ ВИМ Россельхозакадемии

ЗАВРАЖНОВ Анатолий Иванович — академик Россельхозакадемии, д-р техн. наук, профессор, Президент ФГБОУ ВПО МичГАУ

КУШНАРЕВ Артур Сергеевич — доктор технических наук, профессор, член-корреспондент УААН, заслуженный работник народного образования, заведующий кафедрой теоретической механики и теории машин и механизмов Таврического государственного агротехнологического университета, Украина

ЛАРЮШИН Николай Петрович — д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заслуженный работник сельского хозяйства, профессор кафедры ФГБОУ ВПО «Пензенская ГСХА»

ЛЯЛЯКИН Валентин Павлович — д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, зам. директора по инновационной деятельности ГНУ ГОСНИТИ Россельхозакадемии

МИЩЕНКО Сергей Владимирович — д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ, лауреат премии Правительства РФ в области образования, член Национального комитета по теплофизическим свойствам веществ РАН, ректор ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»

ПОПОВ Владимир Дмитриевич — академик Россельхозакадемии, д-р техн. наук, профессор, президент Региональной областной организации "Санкт-Петербургская ассоциация инженеров сельского хозяйства – СПА-ИСХ", член Правления Ассоциации содействия полевым экспериментам и исследованиям, директор ГНУ СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии

СТРЕБКОВ Дмитрий Семенович — академик Россельхозакадемии, действительный член Международной академии безопасности и РАЕН; д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, член Научного Совета РАН по проблеме «Методы прямого преобразования видов энергии в электрическую»; председатель Российской секции Международного общества Солнечной энергии, заместитель председателя Российского комитета по использованию возобновляемых источников энергии, председатель рабочей группы Европейского бюро ЮНЕСКО по образованию в области солнечной энергии, директор ГНУ ВИЭСХ Россельхозакадемии

ФЕДОРЕНКО Вячеслав Филиппович — член-корреспондент Россельхозакадемии**,** д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ, директор ФГБНУ «Росинформагротех»

AMBRISHAMBAF Reza — PhD, University of Minho, Campus of Azurém Guimarães, Portugal

HASHEMIPOUR Majid — prof., PhD Manufacturing Engineering, Vise Rector for Technical Administration and International Affairs of Eastern Mediterranean University, Turkey

Редакция

Адрес редакции: **392022, г. Тамбов, пер. Ново-Рубежный, 28, к. 21,** тел. 8(4752)440-241; e-mail: naukacr@yandex.ru
Технический редактор: Левина Эмма Владимировна**, тел. +7 (920) 246-20-64**
Зав. отделом по развитию: Левин Максим Юрьевич**, тел. +7 (920) 240-71-96**

© «Наука в центральной России», 2013

««НАУКА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ» «SCIENCE IN THE CENTRAL RUSSIA»

Научно-производственный периодический журнал The research-and-production periodic magazine

№7, 2014 г.

Основан в 2012 г. **It is based in 2012.**

Выходит 6 раз в год **There are 6 times a year**

Учредитель и издатель журнала:

государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов Российской академии сельскохозяйственных наук

(ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии)

ЭКСПЕРТНЫЙ СОВЕТ ЖУРНАЛА

агропромышленные инновационные технологии (в животноводстве и растениеводстве)

КУРГУЗКИН Владимир Николаевич — д-р с.-х. наук, зав. лабораторией технологии производства молока и говядины ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии

ШУЛАЕВ Геннадий Михайлович — канд. с.-х. наук, зав. лабораторией технологии производства свинины ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии

моделирование и управление в технических системах

ДОРОВСКИХ Владимир Иванович – к-т техн. наук, зав. лабораторией управления качеством технологических процессов в животноводстве ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии

современные энергосберегающие технологии, в том числе нанотехнологии

ПЕТРАШЕВ Александр Иванович — д-р техн. наук, главный научный сотрудник лаборатории организации хранения и защиты техники от коррозии ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии

фундаментальные и прикладные приоритетные исследования

ТИШАНИНОВ Николай Петрович — д-р техн. наук, профессор, зав. лабораторией управления качеством технологических процессов в сельском хозяйстве ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии

экология и рациональное природопользование

ПРОХОРЕНКОВ Вячеслав Дмитриевич — д-р техн. наук, профессор, зав. лабораторией организации хранения и защиты техники от коррозии ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии

экономика сельскохозяйственного производства

САЗОНОВ Сергей Николаевич — д-р техн. наук, профессор, зав. лабораторией использования производственных ресурсов в фермерских хозяйствах ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии

эффективное использование нефтепродуктов

ОСТРИКОВ Валерий Васильевич — д-р техн. наук, зав. лабораторией использования смазочных материалов и отработанных нефтепродуктов ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии

эффективное использование альтернативных энергоносителей

ШУВАЛОВ Анатолий Михайлович — д-р техн. наук, профессор, зав. лабораторией использования альтернативных источников энергии взамен жидкого топлива ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии

эффективное использование отечественной и зарубежной сельскохозяйственной техники

ТЫРНОВ Юрий Алексеевич — д-р техн. наук, профессор, зав. лабораторией использования машинно-тракторных агрегатов ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии

ЕРОХИН Геннадий Николаевич — к-т техн. наук, зав. лабораторией эксплуатационных требований к сельхозтехнике ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна.
Материалы публикуются в авторской редакции.

© «Наука в центральной России», 2013

ОГЛАВЛЕНИЕ

КНЯЗЕВА Л.Г., ПРОХОРЕНКОВ В.Д.,КУЗНЕЦОВА Е.Г.

ЗАЩИТА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ОТ АТМОСФЕРНОЙ КОРРОЗИИ ИНГИБИРОВАННЫМИ МАСЛЯНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ В УСЛОВИЯХ ВЛАГОНАСЫЩЕНИЯ 4

КНЯЗЕВА Л.Г., ЗВЕРЕВА А.А.

ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК 11

ЕРОХИН Г.Н., КОНОВСКИЙ В.В.

МОНИТОРИНГ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА ACROS 530 16

ТУПОТИЛОВ Н. Н, КОРНЕВ А.Ю., ОСТРИКОВ В.В.

ОЧИСТКА ОТРАБОТАННЫХ СИНТЕТИЧЕСКИХ МАСЕЛ АМИНОСПИРТАМИ 21

САЗОНОВА Д.Д., САЗОНОВ С.Н., ПОПОВА О.Н.

ПРЕДПОЧТЕНИЯ ФЕРМЕРОВ ПРИ ВЫБОРЕ КАНАЛОВ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОДУКЦИИ . 25

САЗОНОВА Д.Д., САЗОНОВ С.Н., ПОПОВА О.Н.

ТОВАРНОСТЬ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ 35

ОСТРИКОВ В. В., ШЕЛОХВОСТОВ В. П., ПОПОВ С. Ю., САФОНОВ В. В.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СТРУКТУРИРОВАНИЯ МОТОРНОГО МАСЛА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДОБАВКОЙ 42

ШУВАЛОВ А.М, ЧЕРНОВ Д.С, КАЛИНИН В.Ф, НАБАТОВ К.А.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ИНФРАКРАСНЫМИ ИЗЛУЧАТЕЛЯМИ НА МИКРОНИЗАЦИЮ СОИ 52

ШУВАЛОВ А.М, ЗАЗУЛЯ А.Н, ШУЛАЕВ Г.М, ВОТАНОВСКАЯ Н.А, ЧЕРНОВ Д.С.

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ОБРАБОТКИ СОИ 55

ШУВАЛОВ А.М, ЧЕРНОВ Д.С.

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ СОИ В ПРОЦЕССЕ МИКРОНИЗАЦИИ 60

НАГОРНОВ С.А., МЕЩЕРЯКОВА Ю.В.

МЕТОДОЛОГИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ РЕАКЦИОННОЙ СМЕСИ В АППАРАТЕ ВИХРЕВОГО СЛОЯ 63

НАГОРНОВ С.А., МЕЩЕРЯКОВА Ю.В.

СИНТЕЗ БИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ КИСЛОРОДСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ 69

УДК 620.197.7: 631.333

КНЯЗЕВА Л.Г., ПРОХОРЕНКОВ В.Д.,КУЗНЕЦОВА Е.Г.

ЗАЩИТА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ОТ АТМОСФЕРНОЙ КОРРОЗИИ ИНГИБИРОВАННЫМИ МАСЛЯНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ В УСЛОВИЯХ ВЛАГОНАСЫЩЕНИЯ

Аннотация. *Установлено, что предварительное обводнение отработанных масел, ингибированных Мобиин-3 или нанесение необводненных составов по влажной поверхности практически не влияет на их защитную эффективность.*

Ключевые слова*: атмосферная коррозия**,** неметаллическое покрытие, ингибированное отработанное масло, обводнение, защитная эффективность*

KNYAZEVA L.G., PROHORENKOV V.D., KUZNETSOVA E.G.

PROTECTION OF AGRICULTURAL MACHINERY AGAINST ATMOSPHERIC CORROSION USING INHIBIT OIL COATING UNDER MOISTURE –SATURATED

Abstract. *It was determined that the pre-watering of waste oils inhibited Mobiin-3 or applying conservation formulations not containing water on a damp surface has almost no effect on their protective efficacy.*

Keywords*: atmospheric corrosion, non-metallic coating, inhibited used oil, watering, protective efficacy*

Одним из важнейших методов защиты сельскохозяйственной техники от атмосферной коррозии является использование неметаллических покрытий [1].

Из общего количества производства и потребления ингибиторов коррозии до 80 % составляют маслорастворимые противокоррозионные материалы [2]. Эффективными консервационными материалами для защиты сельскохозяйственной техники от коррозии могут служить масляные композиции на основе противокоррозионной присадки Мобиин-3 (АКОР-1Б) - ТУ 33992933-003-97, выпускаемой НПП «Алтайспецпродукт» г. Бийск [3]. В качестве растворителя - основы могут быть использованы различные минеральные масла. В работах [4 - 22] показано, что наиболее эффективно использовать для этих целей отработанные моторные масла.

Консервацию сельскохозяйственной техники проводят поздней осенью, когда из-за перепада температур и атмосферных осадков возможно появление воды, что при нанесении масляных покрытий приводит к образованию эмульсий. Вода может выступать в подобных условиях как стимулятор коррозии, так как является реагентом в протекающих катодных и анодных процессах, так и, как пассиватор металла [18]. Кроме того, изменение структуры материала защитной пленки, возможные происходящие в ней фазовые изменения могут влиять на адсорбционную способность молекул ингибиторов и их фрагментов, кислородо - и влагопроницаемость и, в целом, на защитную эффективность покрытий. Ранее было показано, что ингибированные масляные покрытия обладают высокой влагопроницаемостью [23], причем скорость влагопереноса через барьерную пленку постоянна во времени, что объяснено наличием в пленке несплошностей [18]. Цель данного сообщения - изучение защитной эффективности консервационных составов на основе отработанных масел, ингибированных Мобиин-3, в условиях влагонасыщения.

Были исследованы обводненные составы (C_{KC} : C_{H_2O} = 50 : 50) на основе отработанного моторного масла, ингибированного Мобиин-3, приготовленные в делительной воронке с рубашкой при перемешивании (20 минут) стеклянной мешалкой (200 об/мин), после отстаивания не менее 8 часов.

По микроскопическим исследованиям они представляют собой обратные эмульсии: вода в масле (в/м). Обратные эмульсии в качестве дисперсионной среды содержат микроэмульсию типа в/м в непрерывной фазе. Сила адгезии между капельками эмульсии определяется не только молекулярными (ван-дер-ваальсовыми) силами притяжения в области микроскопических жидких пленок, но и структурными свойствами микроэмульсий, влияющими на вытеснительный осмотический эффект. Микроэмульсии на микроскопическом уровне можно рассматривать, как состоящие из отдельных доменов масла и воды, разделенных монослоем поверхностно-активных веществ (ПАВ). К последним в нашем случае относятся и асфальто-смолистые соединения из ММО [7,14], и компоненты присадки Мобиин-3.

На вязкостно-температурных кривых обводненного отработанного моторного масла, ингибированного Мобиин-3, в полулогарифмических координатах (рисунок 1) наблюдается точка излома при 60 ^{0} С ($t_{1изл}$), свидетельствующая о наличии структурных изменений, происходящих в системе. Вероятно, появление этого излома связано с образованием мицеллярных структур с участием накопившихся в нем асфальто-смолистых веществ. При использовании обводненного масла с присадкой Мобиин-3 появляется второй излом при 80 ^{0}С ($t_{2,изл}$), образование которого можно объяснить образованием мицеллярных структур с участием самой присадки, либо изменением природы мицелл.

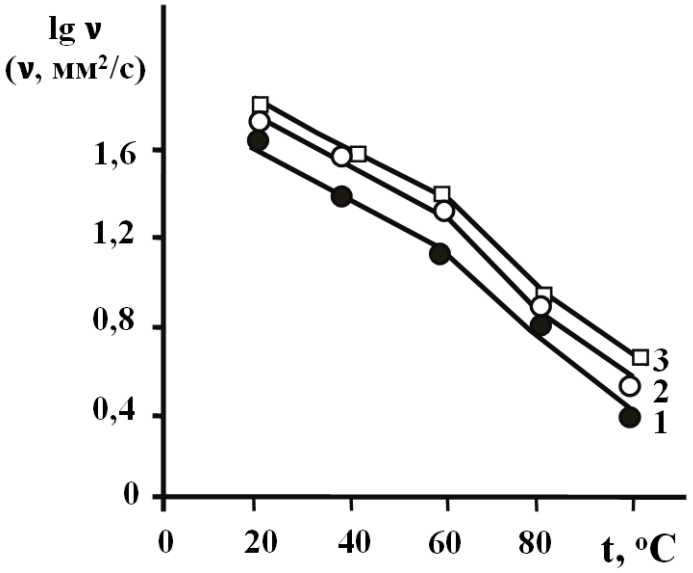


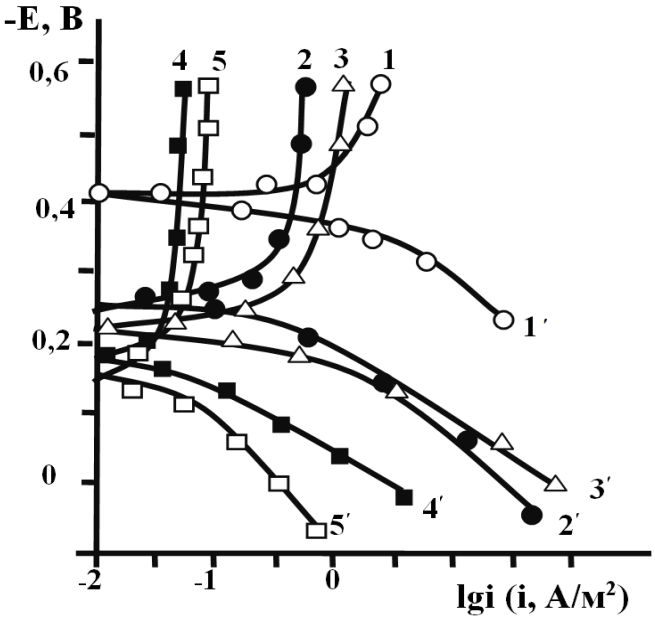
Рисунок 1 - Зависимость кинематической вязкости от температуры в полулогарифмических координатах для обводненных консервационных составов на основе ММО. Концентрация присадки Мобиин-3, масс %: 1 – 1; 2 – 3; 3 – 5.

Процесс электрохимической коррозии начинается со смачивания поверхности металла [24]. Проведенные измерения на стали Ст3 краевых углов смачивания показали, что их величина не превышает 13^0 для отработанного моторного масла, ингибированного Мобиин-

3, в том числе и в случае эмульсии (обводненного состава). В то же время как капля воды или 0,5 N раствора NaCI на поверхности металла характеризуется краевым углом смачивания, равным 77 - 82^0. Это позволяет предположить, что обводненные масляные композиции будут вытеснять водные слои с поверхности металла.

Поляризационные измерения, проведенные в электрохимической ячейке из стекла «Пирекс» с разделенным шлифом анодным и катодным пространствами по методике, описанной в [7], показали (рисунок 2), что пленка обводненного ММО обеспечивает большую защитную эффективность, чем пленки обводненного индустриального (И-20 А) и трансформаторного (ТМ) масел. По своей защитной эффективности обводненный консервационный состав на основе ММО с 5 масс.% Мобиин-3, близок к составам, содержащим 20 масс.% этой присадки в трансформаторном и индустриальном маслах. Но в первом случае наблюдается наибольшая толщина получаемого покрытия (таблица 1).

Для всех обводненных составов также наблюдается эффект последействия (сохранение определенного защитного действия покрытия после его смыва тангенциальным потоком воды) [2,3, 23], который усиливается с ростом концентрации присадки в консервационном материале (рисунки 2, 3).



Содержание Мобиин-3 – 5 масс.%

Рисунок 2 - Катодные (1-5) и анодные (1-5) поляризационные кривые стали Ст3 без покрытия (1), с пленками обводненных масел: трансформаторного (2); индустриального (3); ММО (4,5) в том числе после смыва покрытия (4).

Таблица 1. - Результаты электрохимических исследований обводненных нефтяных масел, содержащих присадку Мобиин-3

№ п/п	Композиция		Толщина пленки, мкм	- $E_{кор.}$, В	$i_{кор}$, А/м^2	$K_э \cdot 10^{-3}$, г/м^2·ч	Z, %	Z*, %
	масло	С Мобиин-3, масс.%						
1	ТМ	1	9	0,32	0,562	0,584	23	75
		3	9	0,30	0,316	0,329	50	83
		5	9	0,26	0,245	0,255	61	85

		20	14	0,16	0,079	0,082	88	86
2	И-20А	1	10	0,28	0,346	0,361	45	51
		3	11	0,26	0,309	0,261	60	80
		5	11	0,26	0,229	0,210	68	83
		20	14	0,16	0,063	0,065	90	85
3	ММО	1	18	0,22	0,316	0,329	50	84
		3	25	0,20	0,141	0,147	78	94
		5	36	0,16	0,075	0,005	92	98
4	Без покрытия-		-	0,40	0,631	0,656	-	
Примечания: Z∗ - защитная эффективность необводненных составов								

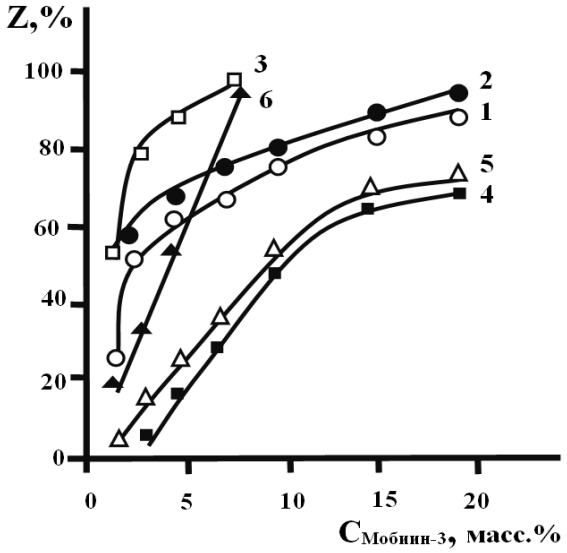


Рисунок 3 - Зависимость защитной эффективности полученной при электрохимических измерениях от концентрации Мобиин-3 до (1 - 3) и после (4 - 6) смыва покрытия обводненного консервационного материала: в трансформаторном масле (1, 4); 2, 5 – индустриальном масле (2;5); в ММО (3;6).

Результаты ускоренных коррозионных испытаний в солевом растворе и в термовлагокамере Г-4 [18] подтверждают данные электрохимических измерений (рисунок 4). Пленки обводненных моторных масел обеспечивают практически такую же защитную эффективность, как и пленки необводненных композиций при тех же концентрациях присадки Мобиин-3, что связано с большим эффектом последействия масляных композиций.

Были исследованы защитные свойства необводненных консервационных составов на основе присадки Мобиин-3 в 0,5 М растворе NaCl при непосредственном нанесении их по влажной поверхности. Из полученных результатов (таблица 2) следует, что, как и в случае предварительного обводнения консервационных составов, нанесение защитных пленок по влажной поверхности приводит лишь к незначительному снижению защитной эффективности, по сравнению с консервацией по сухой поверхности (в основном, на 1 – 6 % во всех изученных маслах). Следовательно, для проведения консервации металлической поверхности не обязательно ее предварительно высушивать.

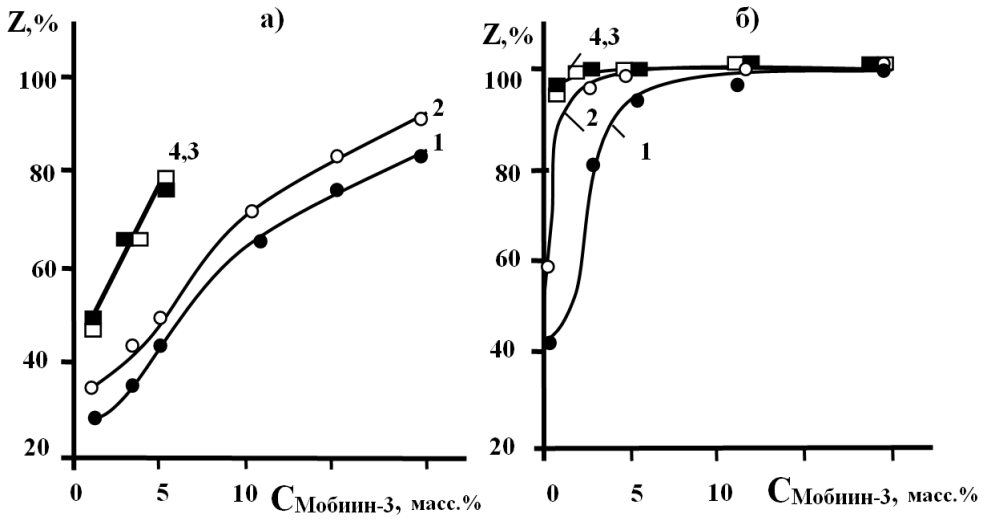


Рисунок 4. Зависимость защитной эффективности обводненных (50 : 50) нефтяных масел: 1 – трансформаторное $ТК_п$; 2 – индустриальное И-20А; 3 – ММО (~300 м-ч). 4 – необводненное ММО (~300 м - ч) от концентрации Мобиин-3 в 0,5 М растворе NaCl (а) и в термовлагокамере Г-4(б)

Таким образом, предварительное обводнение ингибированных отработанных масел или нанесение необводненных составов по влажной поверхности практически не влияет на их защитную эффективность. Следовательно, отработанные моторные масла, ингибированные Мобиин-3, можно использовать для консервации сельскохозяйственной техники в осенний период, характеризующийся высокой влажностью атмосферы.

Таблица 2. - Результаты ускоренных коррозионных испытаний консервационных составов в 0,5 М растворе NaCl

№ п/п	$С_{Мобиин-3}$, масс	Консервационные составы на основе масел:											
		ТМ				И-20А				ММО			
		Поверхность стали при нанесении											
		сухая		влажная		сухая		влажная		сухая		влажная	
		h, мкм	Z, %	h, мкм	Z, %	h, мкм	Z, %	h, мкм	Z, %	h, мкм	Z, %	h, мкм	Z, %
1	0	10	32	11	33	13	41	14	38	20	56	19	55
2	1	15	37	12	37	19	43	18	40	20	64	19	57
3	3	15	41	12	42	19	44	19	45	20	75	21	68
4	5	15	51	12	49	19	53	20	51	25	80	25	82
5	20	18	95	17	89	21	95	21	93				

Список литературы

1. Вигдорович В.И. Система требований к консервационным материалам, используемым в сельскохозяйственном производстве / В.И. Вигдорович, В.Д. Прохоренков // Техника в сельском хозяйстве.- 1995. - № 6. – С. 24 – 26.

2. Цыганкова Л.Е. Оценка защитных свойств масляных покрытий с наполнителями рядом коррозионно-электрохимических методов /Л.Е. Цыганкова, В.И. Вигдорович, Я.Р. Ким, В.И. Кичигин // Коррозия: материалы, защита. - 2008. - № 1. - С. 37 – 47.

3. Вигдорович В.И. Научные основы и практика создания антикоррозионных консервационных материалов на базе отработанных нефтяных масел и растительного сырья:

монография / В.И. Вигдорович, Л.Г. Князева, А.Н. Зазуля [и др.]. – Тамбов: Изд - во Першина Р.В., 2012. – 325 с.

4. Вигдорович В.И. Электродные процессы и коррозия металлов группы железа в спиртовых средах: автореф. дис. доктора хим. наук: 02.00.05 / В.И. Вигдорович; НИФХИ им. Карпова. - Москва. 1990. – 45 с.

5. Прохоренков В.Д. Состав и противокоррозионные свойства остаточных продуктов очистки и осветления отработанных моторных масел / В.Д. Прохоренков, В.И. Вигдорович, Л.Г. Князева, С.С. Епифанцев // Практика противокоррозионной защиты. - 2003, - № 3.- С. 55 – 58.

6. Князева Л.Г. Технологические аспекты получения и применения антикоррозионных покрытий на базе продуктов очистки отработавших моторных масел / Л.Г. Князева, В.И. Вигдорович, А.И. Петрашев [и др.]. // Коррозия: материалы, защита. - 2010. - № 12. - С. 1 - 3.

7. Прохоренков В.Д. Защита от атмосферной коррозии отработанными маслами, ингибированными продуктами их очистки. Сообщение 1. Оценка физико-химических свойств остаточных продуктов очистки и регенерации отработанных моторных масел / В.Д. Прохоренков, Л.Г. Князева, А.И. Петрашев [и др.] // Практика противокоррозионной защиты. - 2005. - № 4 (38). - С. 39 - 49.

8. Вигдорович В.И. Защита от атмосферной коррозии отработанными маслами, ингибированными продуктами их очистки. Сообщение 2. Электрохимические исследования / В.И. Вигдорович В.И., В.Д. Прохоренков, Л.Г. Князева // Практика противокоррозионной защиты. - 2005. - № 4 (38). - С. 49 - 55.

9. Прохоренков В.Д. Защита от атмосферной коррозии отработанными моторными маслами, ингибированными продуктами их очистки. Сообщение 3. Защитные свойства консервационных составов на основе отработанного моторного масла и ПООМ / В.Д. Прохоренков, Л.Г. Князева, В.И. Вигдорович, С.С. Епифанцев // Практика противокоррозионной защиты. - 2006.- № 2 (39). - С. 16 - 22.

10. Прохоренков В.Д. Защита от атмосферной коррозии отработанными маслами, ингибированными продуктами их очистки. Сообщение 5. Технологии получения и применения продуктов очистки отработанных масел / В.Д. Прохоренков, Л.Г. Князева, А.И. Петрашев [и др.] // Практика противокоррозионной защиты. - 2006. - № 3 (41). - С. 38 - 43.

11. Прохоренков В.Д. Защита от коррозии сельскохозяйственной техники отработанными маслами / В. Д. Прохоренков, А.И. Петрашев, Л.Г. Князева // Техника в сельском хозяйстве. – 2006. - № 5. - С. 18 -21.

12. Вигдорович В.И. Влияние концентрации микроструктурированного графита, углеродных нанотрубок и pH на эффективность цинкнаполненных защитных покрытий на масляной основе /Вигдорович В.И., Головченко А.О., Шель Н.В. // Коррозия: материалы, защита. - 2010. - № 2. - С. 41 – 46.

13. Vigdorovich V.I. Inhibition of Corrosion and Hydrogenation of Carbon Steel in Media Containing Hydrogen Sulfide and Carbon dioxide With Low Concentrations of Salts of Oxyethylated Amines / V.I. Vigdorovich, S.E. Sinyitina, L.E. Tsygankova, V.I. Kichigin // Russian Journal of Applied Chemistry. – 2006. – V.79.- № 5. – P. 761 – 768.

14. Вигдорович В.И. Защитная эффективность масляных композиций в условиях атмосферной коррозии углеродистой стали. Составы на основе отработавших масел / В.И. Вигдорович, Л.Г. Князева, Л.Е., В.Д. Прохоренков В.Д. [и др.] // Практика

противокоррозионной защиты. - 2010. - № 4(58). - С. 15 - 26.

15. Вигдорович В.И. Носители защитной эффективности отработавших моторных масел / В.И. Вигдорович, В.Д. Прохоренков, Л.Г. Князева, В.В. Остриков // Химия и технология топлив и масел. - 2006. - №1. - С. 26 – 28.

16. Князева Л.Г. Ингибирование коррозии отработавшими моторными маслами / Л.Г. Князева, В.И. Вигдорович, В.Д. Прохоренков // Коррозия: материалы, защита. - 2010. - № 10. - С. 25 - 30.

17. Князева Л.Г. Некоторые проблемы ингибирования атмосферной коррозии стали отработавшими моторными маслами /Л.Г. Князева, А.П. Акользин, В.И. Вигдорович // Практика противокоррозионной защиты. - 2012. - № 1. -С. 60 – 65.

18. Князева Л.Г. Научные основы создания антикоррозионных консервационных материалов на базе отработавших нефтяных масел и растительного сырья : автореф. дис. доктора хим. наук: 05.17.03 / Л.Г. Князева; Тамбовский гос. технический ун-т. - Тамбов: Изд-во Першина. 2012. - 49 с.

19. Петрашев А.И. Технология консервации сельскохозяйственной техники отработанными маслами / А.И. Петрашев, Л.Г. Князева, В.Д. Прохоренков, В.В. Клепиков // Наука в Центральной России. – 2013. - № 1. - С. 66 – 71.

20. Князева Л.Г. Электрохимические аспекты ингибирования коррозии стали отработанными маслами / Л.Г. Князева, В.И. Вигдорович, В.Д. Прохоренков // Вестник Тамбовского Университета. Серия: Естественные и технические науки. - 2013. – Т. 18. – вып. 5. - С. 2294 – 2298.

21. Остриков В.В. Повышение эффективности использования смазочных материалов путем разработки и совершенствования методов, технологий и технических средств: дис… д-ра технических наук 05.20.03 [Текст] / В.В. Остриков; Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова – Саратов, 2000. – 534 с.

22. Вигдорович В.И. Теоретические основы, техника и технология обезвреживания, переработки и утилизации отходов: учебное пособие для студентов технических и классических университетов / В.И. Вигдорович, Н.В. Шель, И.В. Зарапина. – М.: КАРТЭК, 2008. – 220 с.

23. Князева Л.Г. Влагопроницаемость пленок масляных покрытий / Л.Г. Князева, А.И. Петрашев // Наука в Центральной России. – 2013. - № 5. - С. 59 – 68.

24. Петрашев А.И. Смачивающие и защитные свойства консервационных материалов / А.И. Петрашев, В.Д. Прохоренков // Практика противокоррозионной защиты. – 2003. - № 1. – С.26.

Работа выполнена на оборудовании ЦКП « Нанохимия и экология» в Тамбовском государственном университете им. Г.Р. Державина.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Князева Лариса Геннадьевна, *главный научный сотрудник, доктор химических наук, доцент, Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт техники и нефтепродуктов Россельхозакадемии. Адрес: Ново-Рубежный пер., д.28, г. Тамбов. 392022, Россия. E-mail: vitin-10@mail.ru*

Прохоренков Вячеслав Дмитриевич*, ученый секретарь, доктор технических наук, доцент, Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский*

институт техники и нефтепродуктов Россельхозакадемии. Адрес: Ново-Рубежный пер., д.28, г. Тамбов. 392022, Россия. E-mail: vitin-10@mail.ru

***Кузнецова Екатерина Геннадиевна**, старший научный сотрудник, кандидат химических наук, Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт техники и нефтепродуктов Россельхозакадемии. Адрес: Ново-Рубежный пер., д.28, г. Тамбов. 392022, Россия. E-mail: vitin-10@mail.ru*

РЕЦЕНЗЕНТ

***Жуков Николай Павлович** - заведующий кафедрой «Энергообеспечение предприятий и теплотехника» ФГБОУ ВПО « Тамбовский государственный технический университет», доктор технических наук, профессор. Адрес: ул. Советская, 106, Тамбов, 392000, РФ*

УДК 541.16

КНЯЗЕВА Л.Г., ЗВЕРЕВА А.А.

ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

***Аннотация.** Рассмотрены некоторые причины, определяющие технологические трудности использования углеродных наноматериалов. Показано, что для достижения энергетического технологического эффекта, в частности, необходимо удаление с их поверхности оксидных образований (ОО). Приведены примеры ОО и эффективность их катодного восстановления, что позволяет в ряде случаев достичь очень интересных результатов. Напротив, в других случаях поверхностные оксидные образования обусловливают позитивный эффект. В качестве примера рассмотрено введение МУНТ в цементную массу.*

***Ключевые слова**: наноуглеродные материалы, пути подготовки, использование, катодная поляризация, абсорбция водорода*

KNYAZEVA L.G, ZVEREVA AA

PROBLEMS OF TECHNOLOGICAL USE CARBON NANOTUBES

***Abstract.** Some reasons for the technological difficulties of using carbon nanomaterials are considered. It is shown that in order to achieve energy technological effect, in particular, oxide formation (OO) must be removed from the surface. The examples of the OO and the effectiveness of their cathodic reduction, which allows in some cases to achieve very interesting result, are given. In contrast, in other cases, the surface oxide formation cause a positive effect. Introduction to the cement mass MWCNTs considered as an example.*

***Keywords**: nanocarbon materials, ways to prepare, use, cathodic polarization , hydrogen absorption*

В настоящее время известны и достаточно отработаны методы получения наноматериалов многих классов химических соединений и их индивидуальных представителей [1]. Лидирующее положение как по объемам получения, так и по использованию занимают углеродные наноматериалы, прежде всего углеродные нанотрубки и нановолокна [2, 3]. Но и их технологическое применение весьма ограниченно, несмотря на возможность получения до десятков тонн. Так, прежде всего, указывается область

применения многостенных углеродных нанотрубок в качестве добавок при создании композитных материалов на базе сополимера акрилонитрила, бутадиена, стирола (АБС – сополимер) и высокомолекулярного полиэтилена на основе ароматического полиамида или эпоксидно-диановых смол. Перспективными, по [3], являются радиопоглощающие покрытия, получаемые при введении в полимерную диэлектрическую матрицу нанодисперсных образований электропроводящих веществ. Проводятся исследования по использованию наноуглеродных нанотрубок и нановолокон и при создании строительных материалов, в частности, модифицированных ими цементных смесей [4].

Причины крайне ограниченных возможностей использования одно- и многостенных углеродных нанотрубок (УНТ и МУНТ) кроются в чрезвычайно высоких значениях механических и физических параметров [5]:

- необычно высокой прочности sp^2 – связей С-С, длина которых составляет ~0,134 нм;
- рекордно большой плотности упаковки атомов в графеновых плоскостях;
- сравнительно малой плотности дефектов структуры;
- в отличии магнитных характеристик от таковых графита и алмаза с наличием анизотропии этих свойств.

Углеродные нанотрубки характеризуются очень высоким модулем Юнга, величина которого колеблется в пределах 410 – 4150 Гпа со средним значением 1800 ГПа [5, 6]. В частности, у титана, например, этот показатель составляет всего 112 Гпа. В силу этих причин возникают пока непреодолимые трудности при использовании углеродных наноматериалов в технологических процессах. Такие продукты для использования должны быть смешаны, спрессованы или каким-либо иным путем внедрены в соответствующую матрицу.

Существенные препятствия возникают также в связи со специфической поверхностной структурой УНТ и МУНТ, как впрочем и любых макро- микро- и наноуглеродных материалов. На их поверхности постоянно присутствуют кислород- и водородсодержащие функциональные группы различных классов органических химических соединений [7]. Некоторые типы кислотных функциональных групп показаны на рисунке 1.

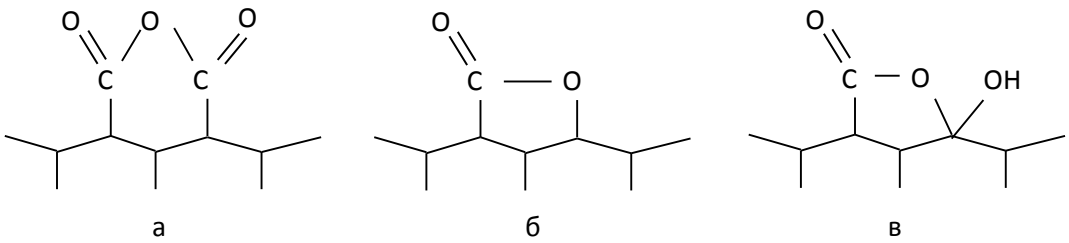
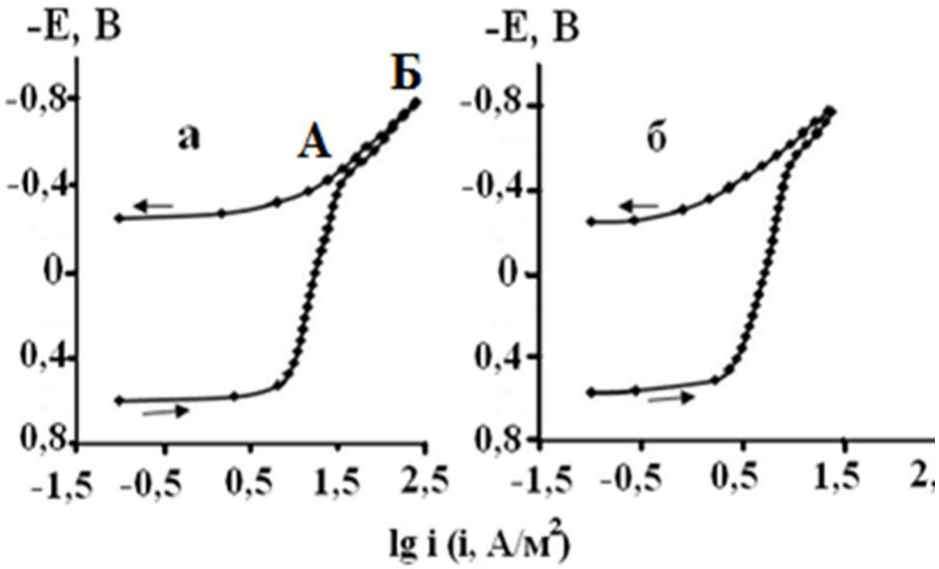


Рисунок 1 – Некоторые типы кислотных функциональных групп [8, 9]:
а – ангидриды карбоновых кислот, б – лактонные, в – лактольные

Это приводит к необходимости их снятия с поверхности любых углеродных материалов для последующего использования таких веществ в различных химических и электрохимических процессах. Типичный пример приведен на рисунке 2, где показаны поляризационные кривые пресованного микрографита в кислой хлоридной среде. Для выхода на тафелевский участок выделения водорода, например, для его получения (участок

АБ, рисунок 2) требуется предварительная катодная поляризация. Без такой предшествующей подготовки поверхности процесс не идет. Причем при снятии катодной поляризации поверхности углеродного материала возвращается в исходное состояние (рисунок 2).

Детально подобные процессы были изучены в [10]. Без предварительного снятия поверхностных оксидных образований углеродные нанотрубки не проявляют энергетических наноразмерных эффектов и превращаются в дорогостоящие игрушки. Это, в частности, показано в [11 - 16], где их поведение не отличается от поведения обычного микроструктурированного графита [11] или МУНТ, нанесенных на поверхность сорбента, с целью повышения его сорбционной способности. Согласно [12], такие МУНТ вообще не проявляют подобных свойств. В целом, интересная идея не получила своего практического воплощения в силу окисления поверхности МУНТ, чего авторы не учли. Конечно, подобные



оксидные образования не всегда оказывают исключительно негативное действие

Рисунок 2. - Потенциодинамические поляризационные кривые (1-ый цикл поляризации, скорость развертки потенциала 1 мВ/с) микрографитового электрода, содержащего 8 масс. % МУНТ в растворах с составом электролита 0,5 М HC1 + 0,5 М NaC1 (*а*) и 0,5 М HC1 + 0,5 М LiC1(*б*). *а* - H_2O; *б* - 90 масс. % $C_2H_4(OH)_2$+ 10 масс. % воды. АБ – тафелевский участок.

Приведем позитивный пример. При введении МУНТ и нановолокон в цементную массу наблюдается небольшое (на 25 – 30 %) упрочнение цементного камня по отношению к действию растягивающих, сжимающих и изгибающих напряжений. Это обусловлено арматурным эффектом» прочных наноуглеродных образований [4, 13]. Согласно данным электронной силовой микроскопии, МУНТ, длиной несколько десятков мкм, действуют как мостиковые образования (рисунок 3). Наличие групп – COOH обусловливает плотную упаковку МУНТ, выступающих в роли арматуры.

Приведем еще один пример необходимости предварительной подготовки МУНТ перед их использованием. В данном случае речь также идет о снятии (восстановлении) поверхностных оксидных образований. Известно, что многостенные углеродные нанотрубки плохо абсорбируют водород.

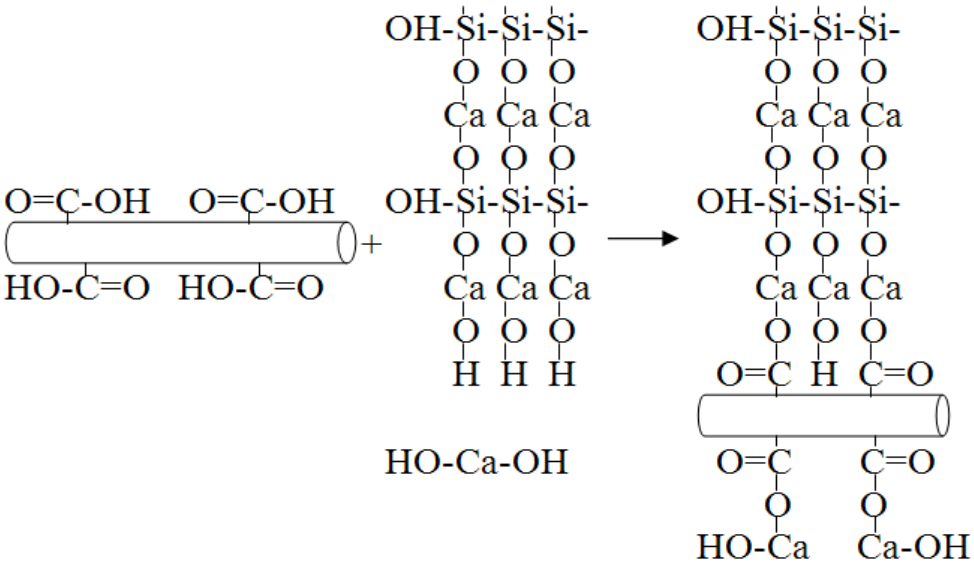


Рисунок 3. - Схема химизма взаимодействия функционализированных углеродных нанотрубок с цементным камнем [4].

При введении молекулярного водорода даже под высоким давлением (порядка сотен атмосфер) удается получить систему МУНТ-H_2, содержащую не более 2,5 масс.% молекулярного водорода. Этого недостаточно, так как минимальные величины такого показателя следующие: по требованиям департамента энергетики США ≥ 6,5 масс.% (≥ 63 кг/м^3). Стандарты международного энергетического агентства не столь жестки. Они устанавливают минимальную величину поглощения водорода такой системой - ≥ 5 масс.%, но с выделением водорода из аккумулятора при Т ≤ 273^0 С. Между тем разработка подобных устройств, удовлетворяющих указанным требованиям, определяет возможность прогресса водородной энергетики.

В работах Зверевой А.А. показано, что необходимые требования, указанные выше, вполне возможно удовлетворить. Для этого МУНТ в качестве катода должны поглощать не молекулярный, а атомарный водород, образующийся по реакции:

$$H^+ + e \rightarrow H_{адс.} \text{ (на катоде из МУНТ)}$$

Далее $H_{адс.}$ диффундирует вглубь наноуглеродной трубки. Подобным образом удается достичь следующих величин: количество поглощенного водорода достигает до 13 масс.% в кислой среде) и 10 масс.% - в 1 М КОН от общей массы МУНТ + H_2. Легко видеть, что это существенно превышает требования указанных выше агентств. В РФ подобные требования вообще не установлены.

Таким образом, поверхностные оксидные образования во многом определяют возможность использования углеродных наноматериалов в технологических процессах.

Список литературы

1. Сергеев Г.Б. Нанохимия [Текст] / Г.Б. Сергеев - М.: Изд-во МГУ, 2007. - 336 с.

2. Дьячков П.Н. Углеродные нанотрубки. Строение, свойства, применение [Текст] / П.Н. Дьячков. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. - 293 с.

3. Мищенко С.В. Углеродные наноматериалы. Производства, свойства, применение [Текст] / С.В. Мищенко, А.Г. Ткачев - М.: Машиностроение, 2008. - 320 с.

4.Geng Y.L. Mechanical behavior and microstructure of Cement compozites incorporating surface –treated multiwalled carbon nanotubes // Y.L. Geng, M.W. Pei, Z Xiahua // Carbon. - 2005. – V. 43. - P. 1239 – 1245.

5. Харрис П. Мир материалов и технологии [Текст] / П. Харрис. - М.: Техносфера, 2003. - 335 с.

6. Галыгин В.Е. Современные технологии получения и переработки полимерных и композитных материалов / В.Е. Галыгин, Г.С. Баронин, В.П. Таров, Д.О. Завражин / Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ». 2012. – 180 с.

7. Шварцман А.С. О химической природе технического углерода / А.С. Шварцман, А.С. Фиалков // Журнал прикладной химии.- 1987. – Т. 60. - № 7. - С. 1559 – 1563.

8. Bpehm H.P. Surfase oxides on carbon and their analisis a critical asssment / H.P. Bpehm // Carbon. - 2002.- V.40. № 2. – P. 145 – 149.

9. Вигдорович В.И. Электродные процессы и коррозия металлов группы железа в спиртовых средах: автореф. дис. доктора хим. наук: 02.00.05 / В.И. Вигдорович; НИФХИ им. Карпова. - Москва. 1990. – 45 с.

10. Вигдорович В.И. Кинетика катодного выделения водорода на микрографите, наполненном углеродными нанотрубками / В.И. Вигдорович, Л.Е. Цыганкова, Е.В. Алексашина. И.Е. Гладышева // Коррозия: материалы, защита. -2010. - № 1. – С.8 -14.

11. Вигдорович В.И. Влияние концентрации микроструктурированного графита, углеродных нанотрубок и pH на эффективность цинкнаполненных защитных покрытий на масляной основе / В.И. Вигдорович, А.О. Головченко, Н.В. Шель // Коррозия: материалы, защита. - 2010. - № 2. – С.41 - 46.

12. Повышение качественных характеристик адсорбентов при фильтровании поверхностной структуры углеродных нанотрубок каталитическим пиролизом углеводородов / А.Е. Бураков А.Е., И.В. Романцова, Е.А. Буракова Е.А [и др] // Сорбционные и хроматографические процессы. - 2013. - Т. 13. - № 3. - С. 334 – 342.

13. Шель Н.В. Углеродные наноматериалы и композиты на их основе / Н.В. Шель, А.Ю. Осетров, А.А. Зверева // Вестник ТГУ.- 2013. – Т.18. – вып. 4. – С. 1220 – 1228.

14. Остриков В.В. Повышение эффективности использования смазочных материалов путем разработки и совершенствования методов, технологий и технических средств: дис… д-ра технических наук 05.20.03 [Текст] / В.В. Остриков; Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова – Саратов, 2000. – 534 с.

15. Прохоренков В.Д. Состав и противокоррозионные свойства остаточных продуктов очистки и осветления отработанных моторных масел / В.Д. Прохоренков, В.И. Вигдорович, Л.Г. Князева, С.С. Епифанцев // Практика противокоррозионной защиты. - 2003, - № 3.- С. 55 – 58.

16. Вигдорович В.И. Научные основы и практика создания антикоррозионных консервационных материалов на базе отработанных нефтяных масел и растительного сырья / В.И. Вигдорович, Л.Г. Князева, А.Н. Зазуля [и др.]. – Тамбов: Изд - во Першина Р.В., 2012. – 325 с.

Работа выполнена на оборудовании ЦКП «Нанохимия и экология» в Тамбовском государственном университете им. Г.Р. Державина.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Князева Лариса Геннадьевна, *главный научный сотрудник, доктор химических наук, доцент, Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт техники и нефтепродуктов Россельхозакадемии. Адрес: Ново-Рубежный пер., д.28, г. Тамбов. 392022, Россия. E-mail: vitin-10@mail.ru*

Зверева Анна Александровна *– аспирант кафедры аналитической и органической химии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Тамбовский ТГУ им. Г.Р. Державина. Адрес: ул. Интернациональная, 33. Тамбов, 392000, Россия. E-mail: vitin-10@mail.ru*

РЕЦЕНЗЕНТ

Вигдорович Владимир Ильич *– профессор кафедры « Химия и химические технологии» ФГБОУ ВПО « Тамбовский государственный технический университет», доктор химических наук, профессор. Адрес:, ул. Советская, д.106. Тамбов, 392000, Россия*

УДК 631.354

ЕРОХИН Г.Н., КОНОВСКИЙ В.В.

МОНИТОРИНГ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА ACROS 530

Аннотация*. Определены показатели надежности комбайна «Acros 530» в условиях реальной эксплуатации и выявлена тенденция их изменения с увеличением срока использования.*

Ключевые слова*: комбайн; надежность; коэффициент готовности; сезон эксплуатации.*

EROKHIN G.N., KONOVSKI V.V.

MONITORING INDICATORS OF RELIABILITY COMBINE HARVESTER ACROS 530

Abstract*. The reliability indices combine «Acros 530" in a real operation and showed a trend of their changes with increasing duration of use.*

Keywords*: combine harvester; reliability; availability factor; season of operation.*

Широкое распространение на уборке зерновых культур в Центрально-Черноземном регионе получил зерноуборочный комбайн «Acros 530» производства компании Ростсельмаш. Это современный производительный комбайн, который успешно работает в крупных сельхозпредприятиях и фермерских хозяйствах. Комбайн «Acros 530» пришел на смену комбайну «Дон-1500Б», снятому с производства в 2004 году. Эксплуатационные показатели комбайнов «Дон-1500Б» хорошо изучены и представлены в работах [1-4].

Эксплуатационные характеристики зерноуборочного комбайна «Acros 530» исследованы недостаточно. Особенно это касается такого важного свойства как надежность комбайна. Это связано с тем, что получение достоверных оценок показателей надежности, а тем более тенденций их изменения во времени, требует длительного мониторинга работы комбайнов.

С другой стороны, именно надежность работы комбайнов «Acros 530» интересует аграрного товаропроизводителя, так как она является одним из определяющих факторов, влияющих на их эффективное использование [5-7].

Отрицательные последствия низкого уровня надежности выражаются в снижении эксплуатационной производительности комбайна, в удлинении продолжительности уборки и увеличении потерь зерна осыпанием, в повышении затрат на проведение ремонтных работ.

Основные причины низкого уровня надежности можно разделить на организационные и технические [8].

Организационные:

- недостаточная квалификация комбайнера;
- неудовлетворительная работа инженерной службы;
- неудовлетворительная работа службы технического сервиса.

Технические:

- несвоевременное или не полное выполнение регламентированного технического обслуживания и предуборочной подготовки;
- наличие в комбайне дефектных узлов по вине предприятия-изготовителя (обычно проявляется и устраняется в гарантийный период);
- выработка ресурса узлов и деталей комбайна;
- применение при ремонте и ТО узлов и материалов низкого качества;
- использование топлива, не соответствующего требованиям.

В данной статье представлены результаты оценки надежности зерноуборочных «Acros 530», полученные посредством мониторинга их работы в колхозе-племенном заводе им. Ленина Тамбовского района Тамбовской области. В хозяйстве под зерновыми культурами занято около 3000 га, средняя урожайность 30…40ц/га. Под мониторингом находились три машины, поступившие в хозяйство в 2008, в 2009 и 2012 годах. Эти комбайны были взяты под постоянное наблюдение с начала эксплуатации с целью сбора информации об их надежности.

В уборочных работах наряду с тремя комбайнами «Acros 530» принимают участие 6 комбайнов других марок, этим объясняется небольшая наработка на комбайн, около 100 часов по основному времени. Информация собиралась периодическими наблюдениями и экспертной оценкой механизаторов и специалистов хозяйства и обрабатывалась по методике ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии [9-11].

В качестве оценочных показателей надежности использовались:

- коэффициент готовности по оперативному времени - при расчете учитываются затраты времени на устранение последствий отказов включая подготовительно-заключительные, вспомогательные и основные операции;
- коэффициент готовности по общему времени - учитываются затраты времени на устранение последствий отказов и потери времени по организационным причинам: ожидание доставки запчастей, специалистов службы технического сервиса и т.п.

На комбайнах «Acros 530» установлены компьютеры, которые фиксируют наработку молотилки в часах и двигателя в мото-часах. Это позволяет с достаточно высокой точностью определить фактическую наработку комбайна в часах основной работы.

В процессе проведения мониторинга на комбайнах «Acros» фиксировались отказы и время устранения их последствий (оперативное и общее). За все время эксплуатации

комбайнов не было зарегистрировано отказов третьей группы сложности. Все отказы относятся к первой и второй группам сложности. Основные из них: излом граблин мотовила; излом кронштейнов натяжных роликов; обрыв барабанного ремня; деформация битера проставки; отказы гидрораспределителей включения молотилки и измельчителя; выход из строя электромотора регулировки зазора подбарабанья; выход из строя редуктора главного контрпривода; излом подвески подбарабанья. Наблюдались отказы системы автоматического контроля (АСК), датчиков ДО-13 и сбой работы бортового компьютера комбайна. Отказы устранялись службой технического сервиса и силами инженерной службы хозяйства.

В результате обработки собранной информации были определены коэффициенты готовности наблюдаемых комбайнов в каждом сезоне эксплуатации. На рисунке 1 представлены экспериментальные точки коэффициентов готовности по оперативному и общему времени комбайнов «Acros 530». Также на рисунке показаны аппроксимирующие кривые, характеризующие тенденцию изменения показателей надежности в зависимости от сезона эксплуатации.

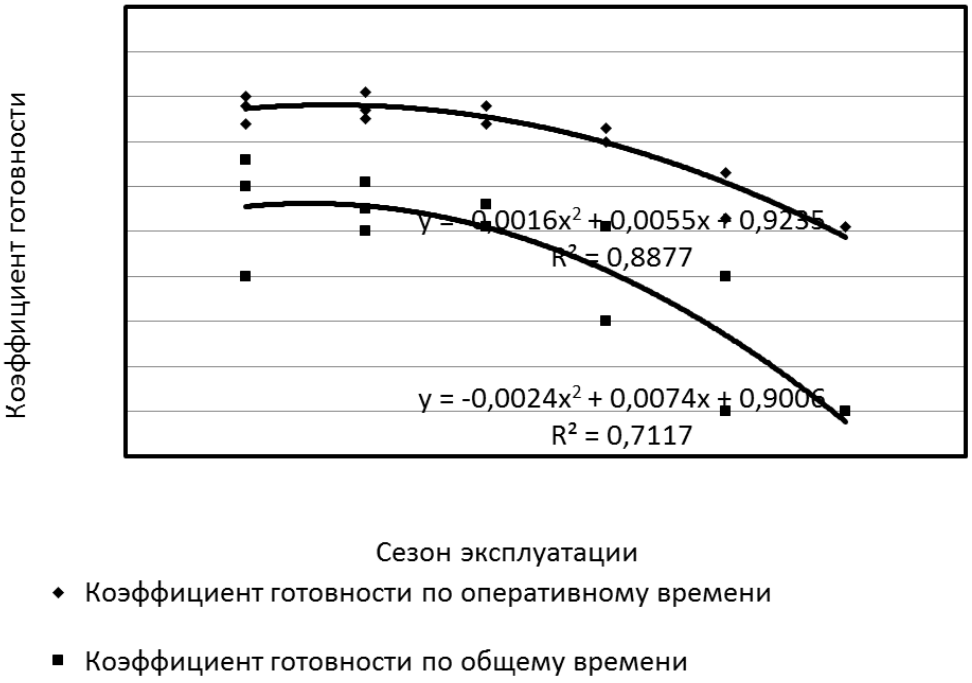


Рисунок 1 - Коэффициент готовности комбайна Acros 530 по оперативному и общему времени

Из рисунка 1 видно, что значение коэффициента готовности по оперативному времени снижается в среднем от 0,927 в первом сезоне эксплуатации до 0,900 в шестом. Соответственно, коэффициент готовности по общему времени изменяется от 0,905 до 0,860. В диапазоне 4…6 сезон наблюдается более резкое снижение коэффициента готовности по общему времени, что свидетельствует на возрастание затрат времени по организационным причинам.

Небольшая разница между коэффициентами готовности по оперативному и общему времени говорит о том, что в хозяйстве хорошо организована инженерная служба, машинами управляют опытные механизаторы. Своевременно устраняют отказы специалисты службы технического сервиса.

Для поддержания работоспособности комбайнов хозяйство несет затраты на устранение последствий отказов, техническое обслуживание и предуборочный ремонт, которые включают в себя: стоимость запасных частей, материалов, оплату труда, услуг технического сервиса и т.д. Исходная информация по указанным затратам собиралась при мониторинге работы комбайнов по бухгалтерской отчетности предприятия.

На рисунке 2 приведена зависимость затрат на устранение отказов, ТО и ремонт от сезона эксплуатации комбайнов «Acros 530» в колхозе-племенном заводе им. Ленина.

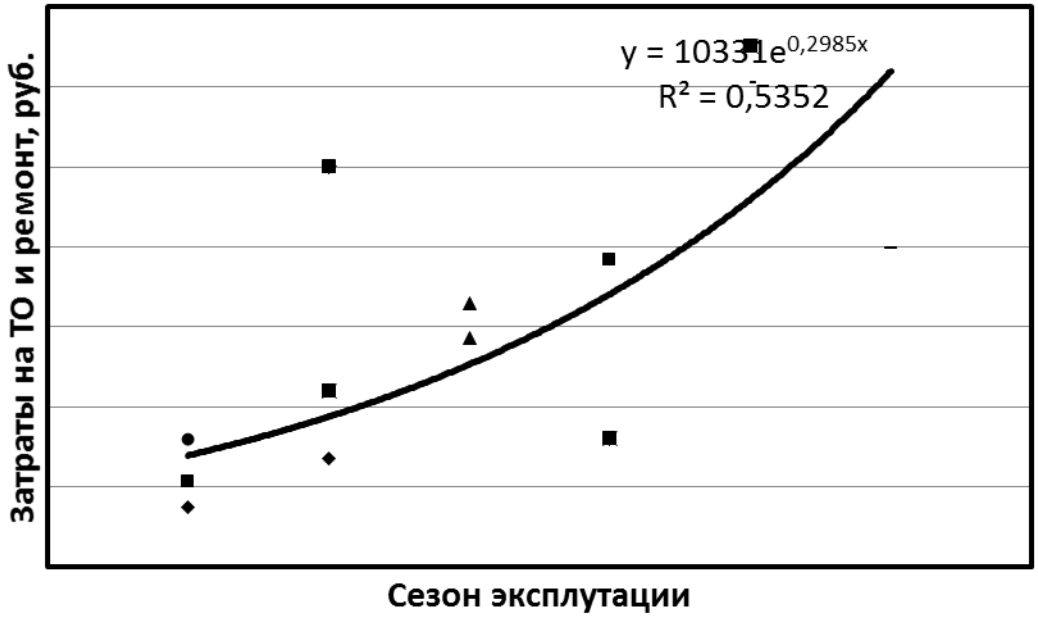


Рисунок 2 - Затраты на ТО и ремонт комбайна «Acros 530»

Из рисунка 2 видно, что затраты на ТО и ремонт увеличиваются с 12 тыс.руб. в первый год эксплуатации до 60 тыс. руб. к шестому сезону. Более резкое увеличение затрат наблюдается после третьего сезона эксплуатации.

В целом, полученные мониторингом результаты, позволяют судить о надежности комбайна «Acros 530» и затратах на поддержание работоспособности по годам эксплуатации. Они позволяют выполнять анализ их эффективности использования в крупных сельхозпредприятиях и крестьянских (фермерских) хозяйствах [12-16].

Список литературы

1. Ерохин, Г.Н. Оценка эффективности комбайнового обеспечения уборки зерновых культур / Г.Н. Ерохин // Техника в сельском хозяйстве. – 2006. - №4. - С.27.29.

2. Ерохин, Г. Н. Сравнительная оценка зерноуборочных комбайнов Дон-1500Б и Вектор / Г.Н. Ерохин, Д.С. Орешкин // Тракторы и сельхозмашины. –2008. – №3. – С.15-16.

3. Ерохин, Г. Н. Влияние автоматической системы контроля на эффективность использования комбайна Дон-1500 / Г.Н. Ерохин, В.В. Коновский // Техника в сельском хозяйстве. – 2009. – №4. – С.29-30.

4. Ерохин, Г. Н. Моделирование эксплуатационно-технологических показателей зерноуборочных комбайнов / Г. Н. Ерохин, А. С. Решетов, В. В. Коновский // Тракторы и сельхозмашины. – 2011. - № 1. – С. 30-31.

5. Ерохин, Г. Н. Потери эффективности уборки зерновых культур в сельхозпредприятии / Г.Н. Ерохин, А.С. Решетов // Наука в Центральной России. – 2013. - №1. - С.46-50.

6. Ерохин, Г. Н. Выбор оптимальной стратегии уборки зерновых культур / Г. Н. Ерохин, В. В. Коновский // Техника и оборудование для села. – 2009. - № 7. – С. 42-43.

7. Ерохин, Г.Н. Моделирование показателей использования зерноуборочных комбайнов ACROS 530 и VECTOR 410 / Г.Н.Ерохин, С.Н.Сазонов С.Н., В.В. Коновский // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. - 2013. – Т.65. – С.114-117.

8. Ерохин, Г. Н. Оценка уровня надежности работы зерноуборочных комбайнов в сельхозпредприятии / Г.Н. Ерохин, А.С.Решетов // Техника в сельском хозяйстве. – 2012. – №6. –С.10-12.

9. Ерохин, Г. Н. Оценка надежности зерноуборочных комбайнов в условиях Тамбовской области / Г.Н. Ерохин, В.В. Коновский // Наука в Центральной России. – 2013. - №1. - С.41-45.

10. Ерохин, Г.Н. О надежности работы зерноуборочных комбайнов / Г.Н.Ерохин, С.Н.Сазонов С.Н., В.В. Коновский // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2013. - №6. – С.59-64

11. Ерохин, Г.Н. Надежность зерноуборочных комбайнов / Ерохин Г.Н., В.В. Коновский // Труды ГОСНИТИ. – 2012.- Т.113. – С.86-89

12. Ерохин, Г. Н. Информационная система оценки эффективности использования различных зерноуборочных комбайнов / Г.Н. Ерохин // Техника и оборудование для села. – 2010. – №5. – С.44-45.

13. Сазонова, Д.Д. Фермерские хозяйства Тамбовской области / Д.Д.Сазонова // Аграрная наука. 2004. - №11. - С.6-7.

14. Сазонов, С.Н. Динамика землепользования и оснащения техникой фермерских хозяйств / С.Н. Сазонов, Д.Д. Сазонова // Достижения науки и техники АПК. – 2004. – №7. – С.38-40

15. Сазонов, С.Н. Техническое оснащение как фактор восстановления фермерских хозяйств / С.Н. Сазонов, Д.Д. Сазонова // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2010. – №5. – С.24-26.

16.Сазонова, Д.Д. Методические подходы к проведению Всероссийской сельскохозяйственной переписи в фермерских хозяйствах / Д.Д. Сазонова // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2013. - №4. – С.81-84

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Ерохин Геннадий Николаевич, *заведующий лабораторией, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии, пер. Ново-Рубежный, д.28, г. Тамбов, 392022, Россия*

Коновский Валерий Викторович, *старший научный сотрудник, ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии, пер.Ново-Рубежный, д.28, г. Тамбов, 392022, Россия*

РЕЦЕНЗЕНТ

Тырнов Ю.А.*, заведующий лабораторией, доктор технических наук, профессор, ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии пер. Ново-Рубежный, д.28, г. Тамбов, 392022, Россия*

УДК 621.899

ТУПОТИЛОВ Н. Н, КОРНЕВ А.Ю., ОСТРИКОВ В.В.

ОЧИСТКА ОТРАБОТАННЫХ СИНТЕТИЧЕСКИХ МАСЕЛ АМИНОСПИРТАМИ

Аннотация. *В статье изложены результаты исследований по очистке отработанных синтетических моторных масел от продуктов старения и загрязнений с использованием аминоспиртов. Предложен технологический процесс очистки отработанного синтетического моторного масла с использованием моноэталонамина.*

Ключевые слова: *отработанное синтетическое моторное масло, очистка масла, коагуляция, центрифугирование.*

TUPOTILOV N.N, KORNEV A.Y., OSTRIKOV V.V.

WASTEWATER SYNTHETIC OILS AMINOALCOHOLS

Abstract. *The article presents the results of research on the purification of exhaust synthetic motor oils from dirt and aging products using amino alcohols. Proposed process waste treatment technology synthetic motor oil using monoetalonamina.*

Keywords: *waste synthetic motor oil, oil purification, coagulation, centrifugation.*

В настоящее время весьма актуальной является проблема регенерации отработанных синтетических моторных масел, объемы которых сопоставимы с объемами отработанных минеральных масел и превышают 500 тысяч тонн в год [1-10]. Имеющиеся технологии регенерации синтетических масел могут быть реализованы только на сложнотехнологических производствах, обеспечивающих получение природной основы очищенного синтетического масла. Доступных технологий удаления из отработанных синтетических моторных масел продуктов «старения» и загрязнений пока не разработано. Имеются предложения по использованию специфических коагулянтов [1,13,15,18,19]: раствора канифоли в изопропиловом спирте для очистки отработанных синтетических моторных масел, изготовленных на сложноэфирной основе. Основным недостатком этого способа очистки является высокая стоимость одного из коагулянтов – канифоли. В этом направлении были проведены исследования по подбору более доступных коагулянтов загрязнений отработанных синтетических моторных масел. Для этих целей в качестве коагулянтов были исследованы спирты жирного ряда (этанол, изо-пропанол) и аминоспирты (моноэтаноламин, триэтаноламин).

Известен способ регенерации отработанного минерального смазочного масла [11] М10ДМ с помощью коагулянта триэтаноламина, растворенного в изопропиловом спирте. Во время обработки смесь подвергали воздействием постоянного магнитного поля. Поэтому реализация данного способа довольно сложна технологически и неизвестна возможность данного способа для очистки отработанных синтетических моторных масел.

В этом направлении были исследованы возможности использования в качестве коагулянтов для загрязнений отработанных синтетических моторных масел различных спиртов [12,14,16,17]. Как оказалось, спирты жирного ряда (этанол, изопропанол) не вызывают коагуляционных эффектов в смесях с отработанными синтетическими моторными маслами при обычной температуре и нагревании. В тоже время аминоспирты (моноэтаноламин, триэтаноламин) при их добавках в отработанные синтетические моторные

масла при нагревании до 150º С приводили к коагуляционным процессам, обеспечивающим укрупнение загрязнений отработанных синтетических моторных масел в 5-10 раз. Однако данные конгломераты оказались жидкими, а их размеры 0,1-0,5 мкм не способствовали глубокой очистке масла при разделении центрифугированием, см. таблицу 1.

Таблица 1. Результаты очистки отработанного синтетического моторного масла аминоспиртами.

Показатели	Исходное синтетическое ММО	после очистки			
		моноэтаноламин		триэтаноламин	
		2 % (об)	4 % (об)	2 % (об)	4 % (об)
Вязкость кинематическая при 100º С, мм^2/с	13,3	13,2	13,1	31,2	13,0
Температура вспышки,º С	195	193	192	198	199
Щелочное число, мг КОН/г	2,7	2,8	2,9	2,8	2,9
Кислотное число. мг КОН/г	4,2	4,0	4,0	4,1	4,0
Содержание, % :					
- механические примеси	> 0,8	~ 0,3	0,2	0,4	0,1
- вода	0,1	отс	отс	отс	отс
Размер мех. примесей, мкм	0,01	0,1	0,5	0,1	0,5
Цвет, ед. ЦНТ	8, черный	8, черн	7, черн	8, черн	7, черн

Водные (50 % - ные) растворы моноэтаноламина (МЭА) и триэтаноламина (ТЭА) активного воздействия на коагуляционные процессы в смесях с синтетическим ММО не проявляли, частицы увеличивались лишь до размеров 0,1-0,5 мкм. Аналогичный эффект наблюдается и при использовании МЭА в смеси с водным 20 -% раствором КОН (1 % об). После центрифугирования из масла удалялись примеси на 70-80 %, но масло оставалось непрозрачным, темного цвета.

Более яркий коагуляционный эффект проявляется при использовании в качестве коагулянтов загрязнений синтетического ММО смеси 2:1 МЭА с изопропиловым спиртом. При нагревании смеси до 150 º С и последующем охлаждении до комнатной температуры (20-25 º С) в масле образуются частицы размером более 5 мкм, после разделения на центрифуге в масле оставалось не более 0,01-0,05 % загрязнений, масло становится прозрачным, хотя и темного цвета. Результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты очистки синтетического ММО смесью МЭА и изопропилового спирта (нагрев, охлаждение, центрифуга).

Показатели	Исходное ММО	коагулянт	
		i PrOH, 2 %	смесь МЭА + i PrOH (2:1), 6 %
Вязкость кинематическая при 100º С, мм^2/с	13,3	13,2	13,1
Температура вспышки,º С	195	192	190
Щелочное число, мг КОН/г	2,7	2,7	2,8
Кислотное число. мг КОН/г	4,2	4,2	4,0
Содержание % :			

- механические примеси	> 0,8	0,8	0,01-0,05
- вода	0,1	отс	отс
Размер мех. примесей, мкм	0,01	0,01	< 0,01
Цвет, ед. ЦНТ	8, черный	8, черный	5-6, тем-прозрач

Предположительно механизм коагуляционных процессов в отработанном синтетическом ММО может быть следующим. Аминоспирты (МЭА, ТЭА) являются электролитами (слабые основания), способными оказывать дестабилизирующее действие на моющее – диспергирующие присадки синтетического моторного масла. Однако их действие как ПАв не столь значительны, ослабляют диспергирующие свойства присадок на 10 – 20 %. В тоже время при смеси ионогенного ПАВ (МЭА) с неионогенным ПАВ (изопропиловым спиртом) коагулирующее действие этой смеси усиливается, так что активность моюще – диспергирующих присадок ослабляется на 80-90 %, частицы загрязнений масла коагулируют почти полностью до размеров более 5 мкм, которые легко отделить центрифугированием до низких значений: остаточное количество загрязнений 0,01-0,05 %.

Для реализации предлагаемого способа очистки отработанного синтетического ММО возможно использование комплекта оборудования установки УОМ – 3М. Технологическая карта очистки приведена в таблице 3.

Таблица 3. Технологическая карта очистки отработанного синтетического ММО смесью моноэтаноламина и изопропилового спирта.

Операции	Последовательность	Перио-дичность	Время	Результат	Инстру-менты и материалы
1.Коагуляция загрязнений, удаление воды и легкокипящих фракций выпариванием	1. Влить в бак – реактор 150 л масла	1 раз	5 мин	Залить 150 л ММО	бак, масло, насос
	2. Внести в масло 6 % смеси моноэтано-ламина и изопропи-лового спирта (2:1), перемешать	1 раз	5 мин	Залить 6 л МЭА и 3 л i PrOH	мешалка, мерная емкость
	3. Нагреть смесь при перемешивании до 150ºС	1 раз	1-1,5 часа	Удаление воды и легко-кипящих фракций	мешалка, ТЭНы
	4. Охладить смесь до температуры 20-30ºС	1 раз	1,5-2 часа	Смесь ММО с коагулирован-ными загрязнениями	бак-реактор, вентилятор
2.Удаление из масла загряз-нений центри-фугированием	1. Перекачать масло из реактора в установку УОМ – 3М	2 раза	20 мин	Охлажденное масло, 75 л	УОМ-3М
	2. Отцентрифугиро-	2 раза	30-40	Очищенное	УОМ-3М

	вать масло в установке УОМ – 3М		мин	масло	
	3. Проконтролировать загрязненность масла с использованием экспресс-лаборатории	2 раза	20 мин	Очищенное масло	экспресс-лаборатория
	4. Перекачать масло в тару	2 раза	10-15 мин	Очищенное масло	Тара 150 л

Очищенное данным способом масло можно использовать в качестве гидравлической жидкости, печного топлива или компонента для приготовления пластичных смазок.

Список литературы

1. Остриков В.В. Повышение эффективности использования смазочных материалов путем разработки и совершенствования методов, технологий и технических средств: дисс… док. тех. наук 05.20.03 [Текст] / В.В. Остриков; Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова – Саратов, 2000. – 534 с.

2. Нагорнов С.А. Повышение эффективности работы нефтехозяйств в АПК / Нагорнов С.А. и др. – М.: Росинформагротех, 2008. – 165 с.

3. Нагорнов С.А. Эффективное использование нефтепродуктов в сельском хозяйстве / Нагорнов С.А. и др. – М.: Росинформагротех, 2006. – 192 с.

4. Остриков В.В. Использование масел в двигателях зарубежной техники / В.В.Остриков, А.Ю.Корнев, К.А.Манаенков // Сельский механизатор. – 2012. -№5. – С.32-33

5. Остриков В.В. Удаление продуктов старения из масел / В.В.Остриков, И.В.Бусин // Сельский механизатор. – 2012. - №1. – С.36-37

6. Сазонов С.Н. Эффективность использования нефтепродуктов в фермерских хозяйствах / С.Н.Сазонов, В.В.Остриков // Сельский механизатор. – 2012. - №10. – С.32-33

7. Остриков В.В. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости / В.В. Остриков и др. – Тамбов: Из-во ТГТУ, 2008. – 304 с.

8. Остриков В.В. Топливо и смазочные материалы / В.В.Остриков, С.А.Нагорнов, И.Д.Гафуров – Уфа: Башкирский ГАУ. – 2006. – 291 с

9. Остриков В.В. Информационная взаимосвязь показателей качества работающих моторных масел / В.В.Остриков, Н.Н.Тупотилов, В.В.Белогорский // Техника в сельском хозяйстве. – 2008. - №3. – С.45-47.

10. Остриков В.В. Актуальные проблемы повышения эффективности использования нефтепродуктов в сельскохозяйственной технике / В.В. Остриков, С.Н.Сазонов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2013. - №1. – С.30-32.

11. Прокопьев В.Н., Синянская Р.И. и др. Способ регенерации отработанного смазочного масла. Патент № 2076898, Россия, 2004 г.

12. Тупотилов Н.Н. Исследование очистки отработанных синтетических моторных масел специфическими растворителями / Н.Н. Тупотилов, В.В. Остриков, С.Ю. Попов // Наука в центральной России. - 2013. - № 5. - С. 27-30.

13. Остриков В.В. Теоретическая оценка пригодности работающего моторного масла к проведению ремонтно-восстановительных операций / В.В. Остриков, А.Г. Зимин, С.Ю. Попов, И.А. Забродский // Наука в центральной России. - 2013. - №5. – С. 36-42.

14. Князева Л.Г. Влагопроницаемость пленок масляных покрытий / Л.Г. Князева, А.И. Петрашев // Наука в центральной России. – 2013. - № 5. - С. 59-67.

15. Остриков В.В., Исследование влияния многофункциональных добавок на смазывающие свойства низкосернистых дизельных топлив / В.В. Остриков, А.Ю. Корнев, И.Н. Шихалев, А.Ю. Бектилевов // Наука в центральной России. – 2013.- № 5. - С. 20-26.

16. Вигдорович В.И. Электродные процессы и коррозия металлов группы железа в спиртовых средах: автореферат дисс... док. хим. наук 02.00.05 [Текст] / В.И. Вигдорович; НИФХИ им. Карпова – М., 1990.- 45 с.

17. Прохоренков В.Д. Носители защитной эффективности отработанных моторных масел / В.Д. Прохоренков В.Д., Л.Г. Князева, В.В. Остриков, В.И. Вигдорович // Химия и технология топлив и масел. – 2006. -№ 1. -С. 26-28.

18. Сафонов В.В. и др. Смазочная композиция. Патент на изобретение RUS 2123030 10.12.1998.

19. Штремель М.А., Сафонов В.В. и др. Композиционный материал (его варианты) и способ его получения. Патент на изобретение RUS 2135619 17.06.1998.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Тупотилов Николай Николаевич*, ведущий научный сотрудник, кандидат химических наук, ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии, пер. Ново–Рубежный, 28, г. Тамбов, 392022, Россия.*

Корнев Алексей Юрьевич*, ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук, ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии, пер. Ново–Рубежный, 28, г. Тамбов, 392022, Россия.*

Остриков Валерий Васильевич*, заведующий лабораторией использования смазочных материалов и отработанных нефтепродуктов, доктор технических наук, ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии, пер. Ново–Рубежный, 28, г. Тамбов, 392022, Россия.*

РЕЦЕНЗЕНТ

Шелохвостов Виктор Прокопьевич*, доцент кафедры Материалы и технология института энергетики, приборостроения и радиоэлектроники, кандидат технических наук, Тамбовский государственный технический университет (ФГБОУ ВПО ТГТУ).*

УДК 631.3:631.115

САЗОНОВА Д.Д., САЗОНОВ С.Н., ПОПОВА О.Н.

ПРЕДПОЧТЕНИЯ ФЕРМЕРОВ ПРИ ВЫБОРЕ КАНАЛОВ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОДУКЦИИ

Аннотация. *В статье, основываясь на достоверных данных первичного учета, полученных в фермерских хозяйствах Тамбовской области в 2001-2012гг., проанализированы предпочтения фермеров при выборе каналов реализации продукции.*

Ключевые слова: *фермерские хозяйства, каналы реализации продукции, зерно, подсолнечник*

SAZONOVA D.D., SAZONOV S.N., POPOVA O.N.

PREFERENCES OF FARMERS AT THE CHOICE OF CHANNELS OF REALIZATION OF PRODUCTION

Abstract. *In article, being based on the authentic data of the primary account received in farms of the Tambov area in 2001-2012, preferences of farmers are analysed at a choice of channels of realisation of production*

Keywords: *farms, sales channels, grain, sunflower*

На выбор каналов реализации продукции фермерами оказывает влияние целая совокупность факторов [1-12], предопределяющих выбор фермера в пользу того или иного из них. Отметим, что далеко не всегда номинальная цена закупки продукции является главным критерием выбора покупателя. В немалой степени на выбор влияет сиюминутная потребность в средствах, а также невозможность длительного сохранения выращенного урожая и его невысокое качество, уровень требований покупателя к биологическому качеству продукции (уровень клейковины, белка, кислотность и т.п.) и ее физическому состоянию (сорность, влажность и т.п.), вид платежа (наличные или безналичные расчеты) и сроки оплаты.

В 2001-2012гг. фермеры использовали в основном следующие каналы реализации продукции [13-17]: государственное унитарное предприятие «Областная продовольственная корпорация при управлении сельского хозяйства администрации области» (этот канал реализации использовался только в 2001-2002гг.), частные перекупщики сельскохозяйственной продукции, оптовики (хлебоприемные предприятия области и представительства аналогичных иногородних фирм), предприятия (рыбхозы, птицефабрики), переработчики (крупяные заводы, маслобойные заводы, мукомольные предприятия и т.д.), частные лица (односельчане) (таблица 1).

Таблица 1 -Удельный вес объемов реализации продукции по различным каналам продаж

Продукция		Удельный вес продаж, %					
		Продовольственная корпорация	Частные перекупщики	Оптовики	Предприятия	Переработчики	Население
пшеница	2001	37,5	21,9	24,7	12,3	0	3,6
	2002	3,2	31,0	33,5	0	28,3	4,0
	2003	0	33,1	49,3	0	10,5	6,6
	2004	0	76,8	11,4	0	0	11,8
	2005	0	69,2	14,9	2,8	0	13,1
	2006	0	32,4	59,1	0	0	8,5
	2007	0	32,5	54,6	0	0	12,9
	2008	0	11,9	86,9	0	0	1,2
	2009	0	13,0	78,5	0	0	8,5
	2010	0	8,2	84,5	0	0	7,3
	2011	0	22,3	71,7	0	0	6,0
	2012	0	28,4	66,0	0	0	5,6
В среднем		2,8	27,1	59,7	1,0	2,8	6,6
яч ме	2001	7,0	23,2	49,0	12,1	0	8,7

	2002	6,9	59,7	2,7	12,7	0	18,0
	2003	0	57,1	14,9	16,4	0	11,6
	2004	0	51,1	20,4	13,1	0	15,4
	2005	0	47,6	21,1	15,2	0	12,4
	2006	0	13,5	8,9	29,5	0	48,1
	2007	0	24,1	10,8	48,5	0	16,6
	2008	0	18,4	44,6	6,0	0	31,0
	2009	0	24,5	55,9	9,2	0	10,4
	2010	0	70,5	0	0	0	29,5
	2011	0	48,2	16,8	0	0	35,0
	2012	0	36,6	31,0	0	0	32,4
В среднем		1,2	39,0	25,2	14,0	0	20,6
Подсолнечник	2001	0	82,3	17,7	0	0	0
	2002	0	100	0	0	0	0
	2003	0	75,9	24,1	0	0	0
	2004	0	71,7	0	0	28,3	0
	2005	0	36,4	41,1	0	7,5	0
	2006	0	0	46,3	0	46,3	7,4
	2007	0	10,5	18,9	0	70,6	0
	2008	0	52,2	22,6	0	25,2	0
	2009	0	24,2	65,7	0	10,1	0
	2010	0	12,1	72,1	0	15,8	0
	2011	0	23,4	49,6	0	27,0	0
	2012	0	11,7	41,6	0	46,7	0
В среднем		0	35,7	39,2	0	25,0	1,1
Всего	2001	25,2	28,8	30,5	10,9	0	4,6
	2002	3,7	45,6	22,5	2,9	18,5	6,8
	2003	0	52,8	28,4	7,5	3,7	7,6
	2004	0	63,7	14,9	6,5	2,3	12,6
	2005	0	59,1	19,9	6,0	2,7	12,3
	2006	0	26,6	45,8	7,6	1,4	18,6
	2007	0	28,9	44,5	6,8	7,7	12,1
	2008	0	15,0	77,1	0,9	1,3	5,7
	2009	0	16,0	73,6	1,4	1,1	7,9
	2010	0	13,1	76,4	0	3,5	7,0
	2011	0	24,0	61,1	0	9,5	5,4
	2012	0	23,9	50,6	0	16,9	8,6
Среднее		2,0	31,1	49,1	3,6	5,6	8,6

Так, в сумме за 2001-2012гг. через продовольственную корпорацию прошло 2% объемов реализованной продукции. Номенклатура закупаемой продукции была очень ограниченной – это озимая пшеница (87,2%) и пивоваренный ячмень (12,8%). Объемы закупок со стороны корпорации небольшие и проводились в основном в счет погашения товарных кредитов,

предоставленных фермерам. Причем, если в 2001г. через продовольственную корпорацию было реализовано 25,2% полученной продукции, то, начиная с 2003 года, фермеры не получали товарных кредитов через продовольственную корпорацию и, естественно, этим каналом реализации не пользовались.

Частные перекупщики до недавнего времени были наиболее популярными в фермерской среде операторами рынка сельскохозяйственной продукции. На их долю в 2001-2012гг. пришлось 31% всех продаж сельскохозяйственной продукции, реализованной фермерами. Номенклатура закупок распределилась следующим образом: пшеница – 55,1%, ячмень –27%, подсолнечник – 17,9%. Отметим, что через частных перекупщиков было реализовано фермерами 35,7% произведенного подсолнечника, 39% ячменя, 27,1% пшеницы. При этом вплоть до 2004г. шел несомненный рост объемов продаж, совершаемых с их помощью. Например, если в 2001г. на их долю пришлось 28,8% объемов всех продаж, то в 2004г. – уже 63,7%. Характерно, что эта тенденция касалась всех видов сельскохозяйственной продукции. Но, начиная с 2005г., объемы продаж начали снижаться и в 2010г., например, через перекупщиков было реализовано только 13,1% продукции - в 4,9 раза меньше, чем в 2004 году. Начиная с 2011 года, объем продаж по этому каналу реализации начинает вновь увеличиваться, и к 2012 году достиг 23,9%.

На долю оптовиков пришлось 49,1% объемов реализации сельскохозяйственной продукции. Наиболее заметна роль оптовиков на рынке пшеницы – 59,7% от всех объемов продаж за 2001-2012гг. Объем продаж ячменя и подсолнечника через оптовиков составил, соответственно, 25,2 и 39,2%. Судя по данным, приведенным в таблице 2, если удельный вес частных перекупщиков на рынке сельскохозяйственной продукции в период 2004-2010 гг стремительно снижался, то удельный вес оптовиков столь же стремительно рос. В указанный период оптовики интенсивно вытесняли частных перекупщиков. В результате, удельный вес продаж фермерской продукции оптовикам составлял в 2008-2010 гг. от 73,6% до 77,1%. Однако, начиная с 2011 года маятник начал движение в обратную сторону. В 2011- 2012 гг. мы наблюдаем снижение объемов продаж перекупщикам с 76,4% (2010г.) до 50,6% (2012г.). Вполне обоснованно можно предположить, что, как только удельный вес продаж по какому-то одному каналу реализации становится абсолютно преобладающим, то это является мощным сигналом к реанимации конкурирующего канала реализации.

Предприятия закупили незначительную часть фермерской продукции – 3,6% за 2001-2012гг. Как правило, они приобретали только фуражное зерно.

На долю переработчиков в среднем пришлось 5,6% объемов реализованной фермерами продукции. При этом в 2002 и 2003 годах это была только продовольственная пшеница. На перерабатывающие предприятия тогда было продано, соответственно, 28,3 и 11% от общих объемов ее реализации. В 2004-12гг. фермеры продавали переработчикам только подсолнечник. В целом ими было приобретено 25% реализованного за 2001-12гг подсолнечника и 2,8% пшеницы. В принципе, подобные тенденции вполне объяснимы. Например, в 2002-03гг. реализация продовольственной пшеницы непосредственно переработчикам объясняется существенным сокращением объемов закупок продовольственной пшеницы областной продовольственной корпорацией, которая в недавнем прошлом была важнейшим поставщиком пшеницы для переработчиков с целью обеспечения мукой хлебопекарных предприятий области.

Увеличение в последние годы поставок подсолнечника напрямую переработчикам

объясняется тем, что частные перекупщики заметно снизили и объемы закупок этой продукции, и ее цены. Если в 2001-2004гг. цена подсолнечника, уплачиваемая перекупщиками, составляла 99% от средней, то в 2005-2012гг. - только 94,4%.

Местному населению фермеры продали в среднем за 2001-2012гг. 8,6% своей продукции. В основном – это фуражное зерно с ненормируемыми показателями его качества.

С точки зрения уровня предъявляемых требований к качеству продукции, наиболее высокие требования предъявляли и предъявляют продовольственная корпорация, оптовики и переработчики. Реализация продукции по этим каналам идет только по зачетному весу, соответствующему требованиям государственного стандарта. Образцы продукции проходят лабораторную проверку, по результатам которой физический вес поставленной продукции переводится в зачетный. Также по результатам лабораторной проверки определяется биологическое качество продукции (содержание клейковины, белка, кислотность и т.д.). В результате определяются соответствующий класс продукции и ее цена в расчете на единицу зачетного веса.

Продовольственная корпорация не имела собственных хранилищ, поэтому пользовалась услугами существующих хлебоприемных предприятий. Все они построены в дореформенный период и в начале 1990-х годов были приватизированы, как правило, работниками этих же предприятий. Некоторые из них в последующем были перепроданы новым владельцам. В настоящее время именно эти предприятия являются главными оптовиками, они же осуществляют приемку и отгрузку продукции в интересах различных иногородних фирм, осуществляющих оптовую закупку сельскохозяйственной продукции.

Интерес в занижении зачетного веса и качественных показателей со стороны хлебоприемных предприятий очевиден, что при осуществлении закупок для себя, что при приемке продукции для продовольственной корпорации или иногородних оптовиков. В любом случае полученные таким образом излишки продукции будут использованы в интересах этого хлебоприемного предприятия. Технически это не представляет никакой сложности, потому что лабораторный анализ продукции проводится сотрудниками этих же предприятий в принадлежащих им же лабораториях. Проведенные неоднократные проверки результатов анализа в независимых лабораториях довольно часто подтверждают обоснованность претензий фермеров к результатам анализа, прежде всего, по содержанию клейковины (пшеница) и кислотности (подсолнечник), а это важнейшие параметры, определяющие качество продукции и её цену. Все изложенное в полной мере справедливо и в отношении переработчиков, которые тоже проводят проверку качества продукции в собственных лабораториях.

Тем не менее, фермеры сотрудничали и будут сотрудничать с этими предприятиями. Так, в 2001-2002гг. условиями оплаты товарного кредита, предоставленного продовольственной корпорацией, предусматривалась поставка продукции только на конкретное хлебоприемное предприятие. Для немалой части фермеров необходимость сотрудничества с хлебоприемными предприятиями и переработчиками предопределяется тем, что те могут, конечно же, за счет фермера, проводить очистку и сушку продукции. Нередки случаи, когда поставляемая фермерами продукция действительно по качеству ниже нижнего предела и не может быть ни сохранена, ни переработана без дополнительной очистки и сушки [18-20]. Несмотря на высокий уровень оплаты этих услуг, для части фермеров это единственная возможность хоть что-то получить за выращенную продукцию.

Для той части фермеров, которые в состоянии производить высококачественную продукцию, сотрудничество с этой группой предприятий выгодно в том плане, что при этом они потенциально могут значительно повысить цену продаж с учетом ее качества. Разница в цене, в зависимости от качества (класса) по разным видам продукции, составляет 1,5-2,0 раза.

Другая группа потребителей фермерской продукции состоит из предприятий и населения. Общей чертой, объединяющей их, служит значительно более низкие требования к качеству реализуемой продукции. Эти две категории покупателей используют приобретенную продукцию только в качестве фуража, поэтому ни уровень клейковины, ни содержание белка по большому счету никого не интересует. Учитывая, что эти продажи осуществляются только по физическому весу, нет жестких требований по засоренности и влажности продукции, продажа этим потребителям является для фермеров выгодной. Ее объемы сдерживаются только объемом спроса со стороны такого рода покупателей. При этом, если в отношениях с хлебоприемными предприятиями и переработчиками фермер чаще всего оказывается сам обманутым при оценке качества своей продукции, то при продажах населению хитрит уже он, ссылаясь на наивысший уровень цен, естественно, умалчивая, что это цены не фуражного, а продовольственного зерна, и речь идет не о физическом, а о зачетном весе.

С точки зрения требований к качеству продукции частные перекупщики занимают промежуточное положение между упомянутыми выше двумя группами покупателей. Основной целью со стороны перекупщиков является приобретение продукции потенциально достаточно высокого качества, пригодной после дополнительной обработки (иногда и без таковой) или хранения (при хранении повышается уровень содержания клейковины в пшенице) для использования в продовольственных целях. Сделка осуществляется по месту нахождения продукции, возможностей лабораторно оценить ее качество - нет. Правда, специалист в состоянии визуально и на вкус составить вполне объективное представление о качестве продукции. В результате, как правило, цена покупки не превышает цены фуражного зерна или подсолнечника самого низкого качества. Опять же речь идет о физическом, а не о зачетном весе, транспортные издержки обычно берет на себя перекупщик, отгрузка продукции может осуществляться, в том числе прямо в поле из бункера зерноуборочного комбайна в процессе уборки, оплата продукции осуществляется на месте и наличными. В итоге, несмотря на то, что номинально цена продукции у перекупщиков наименьшая, фермеры обычно не только заинтересованы в сотрудничестве с ними, но в большинстве случаев отдают предпочтение именно им.

Фактические цены реализации сельскохозяйственной продукции очень неустойчивые [21-25] (рисунок 1). В целом за период 2001-2012гг цены на пшеницу выросли в 3,1 раза, на ячмень – в 3,5 и на подсолнечник – в 4,3 раза.

Исходя из диаграммы, приведенной на рисунке 2, максимальные (относительно предыдущего года) индексы цен на продукцию были в 2010году – цены тогда выросли в 2,72 - 3,08 раза. Минимальные индексы цен были в 2008 году: снижение составило 56%, 61% и 64%, соответственно, на пшеницу ячмень и подсолнечник.

Номинальные цены на сельскохозяйственную продукцию, закупаемую в своё время областной продовольственной корпорацией, искусственно поддерживались на более высоком уровне, но главное состояло в том, что речь шла или о продовольственной пшенице

не ниже 4 класса, или о пивоваренном ячмене, поэтому сравнение со средней ценой, которая в значительной степени сформировалась под влиянием цен на фуражное зерно, необъективно. Кроме этого, следует учитывать, что речь шла о цене по зачетному, а не физическому весу. Разнятся цены и по каналам реализации продукции (рисунок 3).

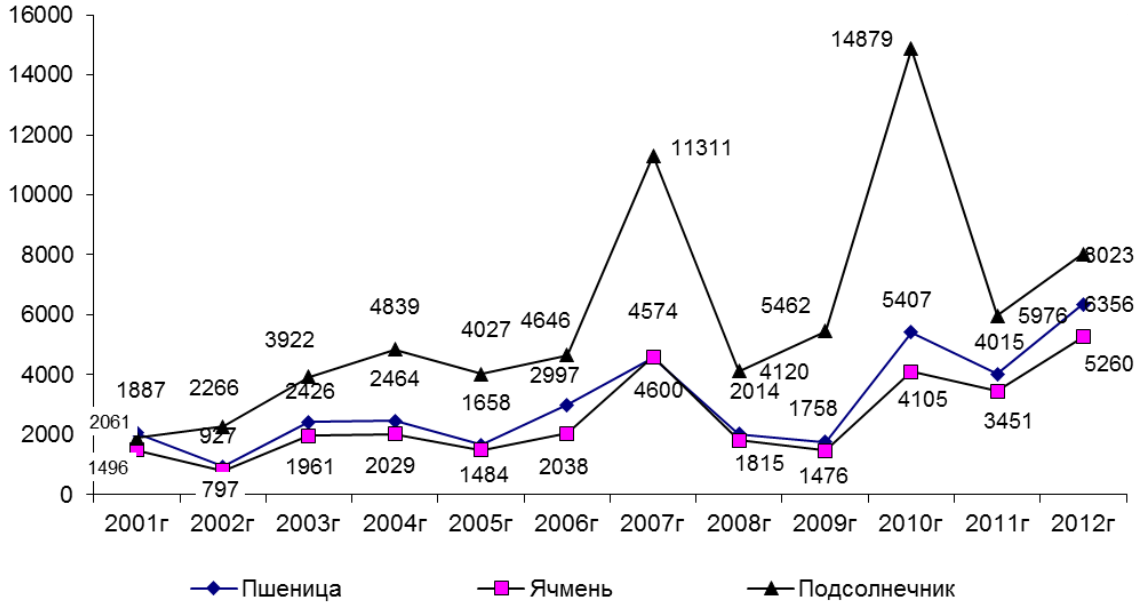


Рисунок 1 - Динамика цен на сельскохозяйственную продукцию

Тем не менее, следует признать, что даже с учетом всех оговорок цены продовольственной корпорации были самыми высокими и составили в среднем 158% и 145,4% относительно средних цен на пшеницу и ячмень, соответственно. Несомненно, что те из фермеров, которые имели продовольственное зерно и пивоваренный ячмень, стремились увеличить объем продаж именно по этому каналу. Однако его емкость была крайне ограничена.

Все остальные участники рынка определяли цену, исходя из сложившейся конъюнктуры. Этим и объясняется тот факт, что разброс цен составляет крайне незначительную величину, несмотря на явно неравнозначное качество продукции. Например, в 2002г. переработчики и оптовики приобретали у фермеров пшеницу по качеству и правилам абсолютно аналогичным, что и продовольственная корпорация, но цена при этом была практически в два раза ниже. Логика здесь очевидная: зачем платить даже за высококачественную продукцию больше, если есть возможность покупать ее по цене фуражного зерна. Фактически их уровень цен определялся той ценой, что предлагалась частными перекупщиками.

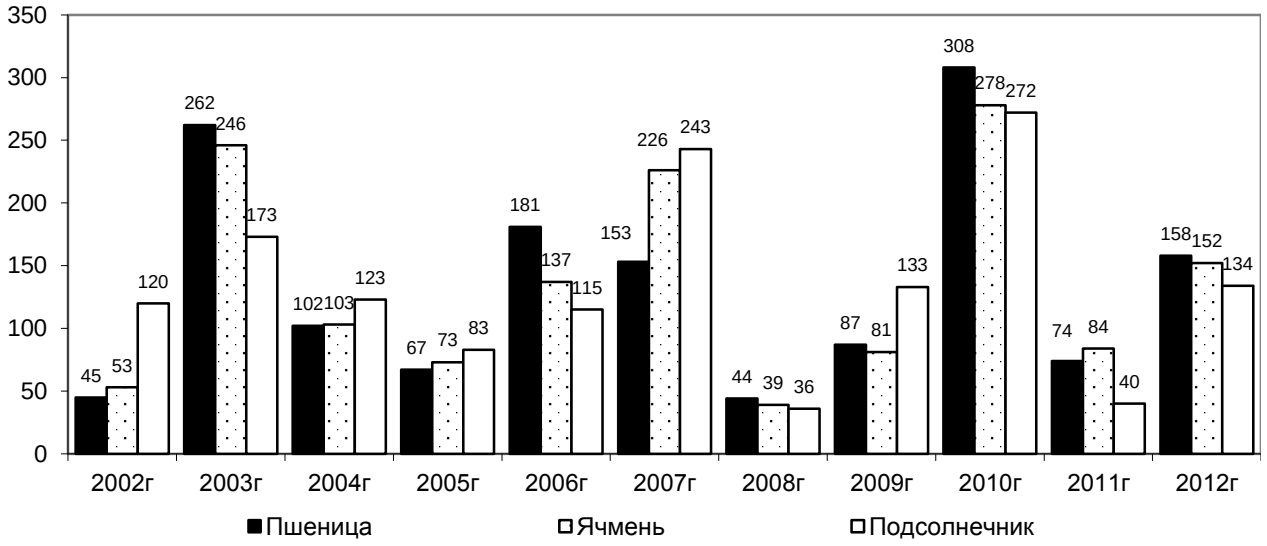


Рисунок 2 - Индексы цен на сельскохозяйственную продукцию

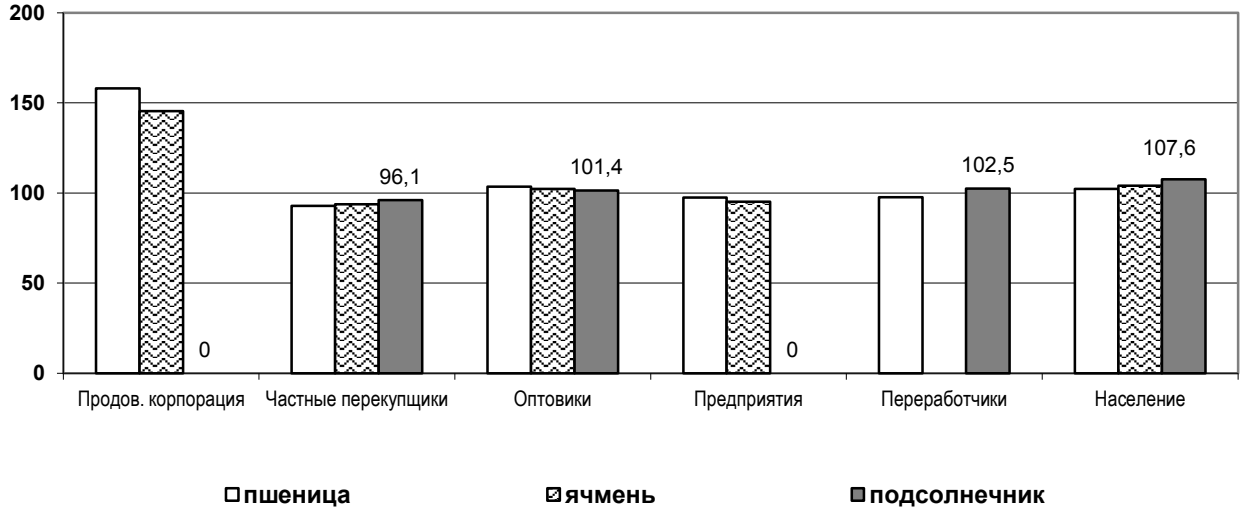


Рисунок 3 – Уровень цен (относительно средней) по различным каналам реализации за 2001-2012 гг (%)

Формально уровень цен, предлагаемый перекупщиками, является наименьшим. Так, судя по данным диаграммы, приведенной на рисунке 3, уровни цен на ячмень и пшеницу у перекупщиков были ниже, чем у оптовиков на 8,5% и 10,7%. Однако если учесть, что закупка идет по физическому, а не зачетному весу, транспортные услуги, как правило, предоставляет тоже перекупщик, то, в конечном счете, уровень цен, предлагаемый перекупщиками, окажется вполне сопоставимым с ценами и у оптовиков, и переработчиков.

Фактически самая высокая цена реализации продукции у фермеров при продажах населению. Качество продукции – наименьшее, транспортные издержки или отсутствуют вообще, или минимальны (внутридеревенские перевозки), вес – физический, а цена реализации выше, чем у перекупщиков на 9,5…11,5%. Но объем этого рынка, определяемый низкой покупательной способностью населения, крайне невелик и существенного значения не имеет.

В целом отметим, что абсолютное большинство фермеров вынуждено реализовывать

свою продукцию в тот период, когда цены на нее минимальные. Необходимость практически незамедлительных продаж продукции объясняется и необходимостью выполнения долговых обязательств, и крайней необходимостью в средствах для ведения текущей производственной деятельности. Существенное значение имеет и отсутствие собственных хранилищ, машин и механизмов для подработки и сушки собственной продукции. В принципе, фермеры могут хранить свою продукцию на хлебоприемных предприятиях, однако уровень цен на подобного рода услуги настолько высок, что через 6-8 месяцев хранения даже возросшая цена реализации не покрывает затрат на хранение, поэтому в последние годы фермеры практически прекратили использовать хлебоприемные предприятия для хранения собственной продукции. Предпринятая в середине 1990-х годов в одном из районов Тамбовской области единственная попытка по строительству межфермерского элеватора успехом не увенчалась. К сожалению, абсолютно верные в стратегическом плане намерения, связанные с развитием межфермерской сбытовой кооперации, пока еще не получили заметного практического воплощения.

Проведенный анализ продаж произведенной фермерами продукции показал, что основными каналами реализации продукции являются частные перекупщики и оптовики. На их долю пришлось в среднем за 2001-2012гг. 80,2% всех объемов реализованной фермерами продукции. Установлено, что номинальная цена продукции является хотя и, несомненно, важным, но далеко не единственным показателем, определяющим выбор фермера в пользу того или иного канала реализации произведенной продукции. В немалой степени на выбор влияет острота потребности в денежных средствах, отсутствие условий для длительного хранения выращенного урожая и его невысокое качество, уровень требований покупателя к биологическому качеству продукции и ее физическому состоянию, вид платежа (наличные или безналичные расчеты) и сроки оплаты. Несомненно, важным фактором является наличие или отсутствие у фермера собственных транспортных средств для перевозки продукции.

Список литературы

1. Butterfield J., Kuznetsov M., Sazonov S**.** Peasant farming in Pussia // Journal of Peasant Studies. - 1996. -Т. 23. – № 4. – С.79-105.

2. Сазонов С.Н. Трудовое крестьянское и предпринимательское фермерское хозяйства / С.Н.Сазонов // Международный сельскохозяйственный журнал. – 1996. - №6. – С.24-26.

3. Завражнов А.И. Формирование среднего класса на селе и аграрное образование / А.И.Завражнов // Достижения науки и техники в АПК.–2009.-№9.-С.70-72.

4. Сазонова, Д.Д. Фермерские хозяйства Тамбовской области / Д.Д.Сазонова // Аграрная наука. - 2004. - №11. - С.6-7.

5. Солопов В.А. Диверсификация инновационного производства зерна / В.А. Солопов, К.К.Акимов // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2012. - №4. – С.109-114.

6. Семенова Е.А. Формирование рынка молока и молочной продукции Тамбовской области / Е.А. Семенова, В.А.Солопов // Вестник Тамбовского университета. Серия: Гуманитарные науки. – 2007. - №11.-С.121-127

7. Никитин А.В. Государственная поддержка страхования сельскохозяйственных рисков: теория, методологи и практика: автореф. дисс… докт. эконом наук: 08.00.05, 08.00.10 / А.В. Никитин – Москва: ГНУ ВИАПИ им.Никонова А.А., 2008. – 45с.

8. Никитин А.В. Почему страхование сельскохозяйственных культур является дорогим, или как снизить затраты на страхование / А.В.Никитин // Агрострахование и кредитование. – 2005 (август). – С.19-25.

9. Сазонов С.Н. Обеспечение нефтепродуктами и их использование в фермерских хозяйствах / С.Н.Сазонов, Д.Д.Сазонова // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2013. - №6. – С.103-108

10. Сазонов С.Н. Обеспечение нефтепродуктами фермерских хозяйств / С.Н.Сазонов, Д.Д.Сазонова, О.Н.Попова // Наука в центральной России. – 2013.-№1. – С.44-50

11. Сазонова Д.Д. Кредитная поддержка фермеров и изменение их количества / Д.Д.Сазонова, С.Н.Сазонов // Никоновские чтения. – 2009. -№14.- С.385-387

12. Ерохин Г.Н. О надежности работы современных зерноуборочных комбайнов / Г.Н.Ерохин, С.Н.Сазонов, В.В.Коновский // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2013. - №6. – С.59-63.

13. Sazonov S. and Sazonova D. Development of Peasant Farms in Central Russia // Comparative Economic Studies 47 (1). - 2005. – Pp. 101-114.

14. Сазонова, Д.Д. Фермерство на тамбовщине: состояние и тенденции развития / Д.Д.Сазонова, С.Н.Сазонов // Социологические исследования. – 2006. - №7. - С.61-70.

15. Сазонова Д.Д. Уровень товарности фермерских хозяйств и каналы реализации продукции / Д.Д.Сазонова // Никоновские чтения. – 2005. - №10. - С.231-235.

16. Сазонова Д.Д. Каналы реализации и цены продаж продукции фермерскими хозяйствами / Д.Д.Сазонова, С.Н. Сазонов // Никоновские чтения. - 2010. - №15. – С.160-162.

17. Сазонова Д.Д. Каналы реализации продукции фермерскими хозяйствами / Д.Д.Сазонова // Никоновские чтения. – 2009. - №14. - С.422-424

18. Сазонова, Д.Д. Первоочередные объекты производственной инфраструктуры в фермерских хозяйствах / Д.Д.Сазонова, О.Н. Попова, С.Н.Сазонов // Техника и оборудование для села. – 2006. - №12. - С.14-16.

19. Сазонов, С.Н. Динамика землепользования и оснащения техникой фермерских хозяйств / С.Н.Сазонов Д.Д.Сазонова // Достижения науки и техники АПК. – 2004. - №7. - С.38-40.

20. Сазонов, С.Н. Техническое оснащение как фактор восстановления фермерских хозяйств / С.Н.Сазонов, Д.Д.Сазонова // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2010. - №5. - С.24-26.

21. Сазонова Д.Д. Структура и динамика доходов и расходов в крестьянских (фермерских) хозяйствах / Д.Д.Сазонова // АПК: экономика, управление. – 2004. - №2. - С.53-62.

22. Сазонова Д.Д. Результаты мониторинга фермерских хозяйств / Д.Д.Сазонова, С.Н.Сазонов – Тамбов: НЭАЦентр КФХ, 2005. – 114с.

23. Сазонова Д.Д. Влияние приоритетного национального проекта «Развитие АПК» на результаты деятельности фермерских хозяйств / Д.Д.Сазонова, С.Н.Сазонов - Тамбов: НЭАЦентр КФХ, 2008. – 131 с.

24. Сазонова Д.Д. Аллокативная и техническая эффективности фермерских хозяйств / Д.Д.Сазонова, С.Н.Сазонов // Сер. Научные доклады. Том. 208 – М.: Московский научный фонд, 2010. – 160с.

25. Сазонова Д.Д. Оценка технической эффективности использования производственных ресурсов в фермерских хозяйствах / Д.Д.Сазонова, С.Н.Сазонов // Экономика: вчера, сегодня, завтра. - 2012. - №3-4. С.108-128.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

***Сазонова Дамира Давидовна**, ведущий научный сотрудник, кандидат экономических наук, доцент. Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов Россельхозакадемии. Адрес: Ново-Рубежный переулок, д. 28, г. Тамбов, 392022, Россия.*
E-mail: snsazon@mail.ru

***Сазонов Сергей Николаевич**, заведующий лабораторией, доктор технических наук, профессор. Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов Россельхозакадемии. Адрес: Ново-Рубежный переулок, д. 28, г. Тамбов, 392022, Россия. E-mail: snsazon@mail.ru*

***Попова Ольга Николаевна**, старший научный сотрудник, кандидат технических наук, доцент. Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов Россельхозакадемии. Адрес: Ново Рубежный переулок, д. 28, г. Тамбов, 392022, Россия. E-mail: snsazon@mail.ru*

РЕЦЕНЗЕНТ

***Ерохин Г.Н.,** заведующий лабораторией, кандидат технических наук, старший научный сотрудник. Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов Россельхозакадемии. Адрес: Ново-Рубежный переулок, д. 28, г. Тамбов, 392022, Россия.*

УДК 631.3:631.115

САЗОНОВА Д.Д., САЗОНОВ С.Н., ПОПОВА О.Н.

ТОВАРНОСТЬ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ

***Аннотация.** В статье, основываясь на достоверных данных первичного учета, полученных в фермерских хозяйствах Тамбовской области в 2001-2012гг., проанализирован фактический уровень товарности фермерских хозяйств.*

***Ключевые слова:** фермерские хозяйства, уровень товарности, зерно, подсолнечник*

SAZONOVA D.D., SAZONOV S.N., POPOVA O.N.

MARKETABILITY OF FARMS

***Abstract.** In article, being based on the authentic data of the primary account received in farms of the Tambov area in 2001-2012, actual level of marketability of farms is analysed*

***Keywords:** farms, marketability level, grain, sunflower*

В российской экономической литературе стало общим местом признание того факта, что отсутствие достоверной статистической информации о результатах деятельности фермерских хозяйств завуалировало истинное положение дел в этом секторе аграрной экономики [1-10]. С этим тезисом сложно не согласиться, потому что попытки органов государственной статистики проводить добровольное анонимное анкетирование фермерских хозяйств не дают достоверной и полной информации о процессах, протекающих в них. В

результате фактические экономические показатели деятельности фермерских хозяйств оказываются полностью закрытыми для исследования, анализа и обобщений, а тенденции развития фермерского движения порой рассматриваются через призму некоторых устоявшихся стереотипов, которые порой не имеют никакого отношения к действительности.

Отличие настоящей работы от аналогичных состоит в том, что в ней используются достоверные данные первичного учета, накопленные в процессе ведения непосредственно авторами всего комплекса учетно-отчетной документации, в том числе и по операциям, не отражаемым в официальных отчетных документах, в течение 2001-2012 гг. в нескольких десятках фермерских хозяйств Тамбовской области [11-13].

Как свидетельствую результаты многолетнего мониторинга деятельности фермерских хозяйств Тамбовской области [11-17], на формирование уровня товарности влияет достаточно большая совокупность различных факторов, включающая и технологические особенности производства той или иной сельскохозяйственной культуры [8,18], и фактическую оснащенность техническими средствами и объектами производственной инфраструктуры, включая степень изношенности машин и механизмов [7,19-23], и организационно-экономические условия деятельности фермерских хозяйств [4,5,8,9, 12-14,24,25].

В целом, за период 2001-2012 гг. уровень товарности в фермерских хозяйствах составил по основным видам сельскохозяйственных культур от 32,1% (ячмень) до 89,9% (подсолнечник) при среднем значении – 51,2% (таблица 1). Отличия в уровне товарности различных сельскохозяйственных культур вполне объяснимы. Прежде всего, существенно отличается удельный вес произведенной продукции, затрачиваемой на обеспечение фермерских хозяйств семенным фондом. Если по подсолнечнику удельный вес семян составляет в среднем 6,4%, то по ячменю и пшенице он значительно выше и составляет, соответственно, 25,6% и 31,7%.

Таблица 1 - Распределение полученной продукции в среднем фермерском хозяйстве

Виды сельскохозяйственных культур		Сбор в весе после подработки, ц	Реализация, %	Внутрихозяйственное потребление					Семейное потребление, %
				всего, %	в том числе				
					арендная плата за землю		семена		
					ц	%	ц	%	
Пшеница	2001г	241,2	62,9	32,7	3,6	1,5	75,3	31,2	4,4
	2002г	299,8	63,2	33,0	17,1	5,7	81,8	27,3	3,8
	2003г	163,4	52,8	44,0	23,0	14,1	48,9	29,9	3,2
	2004г	228,3	40,7	58,0	35,6	15,6	96,8	42,4	1,3
	2005г	332,5	48,9	47,3	35,9	10,8	121,4	36,5	3,8
	2006г	373,0	51,1	42,8	18,3	4,9	141,4	37,9	6,1
	2007г	371,8	42,2	53,6	58,2	15,7	140,8	37,9	4,2
	2008г	634,9	65,5	31,7	58,7	9,2	143,0	22,5	2,8
	2009г	488,1	65,8	30,5	17,2	3,5	131,7	27,0	3,7
	2010г	241,6	44,2	54,8	35,0	35,0	97,4	40,3	1,0

	2011г	391,4	66,0	30,7	18,0	4,6	102,2	26,1	3,3
	2012г	225,8	57,1	40,1	6,4	2,8	84,2	37,3	2,8
	среднее	332,7	56,6	39,9	27,3	8,2	105,4	31,7	3,5
Ячмень	2001г	177,2	37,0	54,9	53,9	30,4	43,4	24,5	8,1
	2002г	170,8	39,3	52,1	44,2	25,9	44,7	26,2	8,6
	2003г	261,1	44,7	48,0	59,0	22,6	66,3	25,4	7,3
	2004г	301,7	36,1	55,7	92,3	30,6	75,7	25,1	8,2
	2005г	231,6	33,3	62,0	87,8	37,9	55,8	24,1	4,7
	2006г	212,2	32,5	59,5	72,1	34,0	54,1	25,5	8,0
	2007г	98,8	29,9	64,1	28,4	28,7	35,0	35,4	6,0
	2008г	168,7	47,5	48,4	37,3	22,1	44,4	26,3	4,1
	2009г	253,0	26,9	61,7	92,9	36,7	63,2	25,0	11,4
	2010г	106,1	9,0	81,7	51,0	48,1	35,6	33,6	9,4
	2011г	183,8	12,3	67,2	74,3	40,4	49,3	26,8	20,5
	2012г	227,6	23,6	60,2	92,5	40,6	44,5	19,6	16,2
	среднее	199,4	32,1	58,4	65,5	32,8	51,0	25,6	9,5
ЗЕРНО	2001г	418,4	51,9	42,1	57,5	13,7	118,7	28,4	6,0
	2002г	470,6	54,5	39,9	61,3	13,0	126,5	26,9	5,6
	2003г	424,5	47,8	46,5	82,0	19,4	115,2	27,1	5,7
	2004г	530,0	38,1	56,7	127,9	24,2	172,5	32,5	5,2
	2005г	564,1	42,5	53,3	123,7	21,9	177,2	31,4	4,2
	2006г	585,2	44,4	48,8	90,4	15,4	195,5	33,4	6,8
	2007г	470,6	39,6	55,8	86,6	18,4	175,8	37,4	4,6
	2008г	803,6	61,7	36,1	96,0	11,9	187,4	24,2	2,2
	2009г	741,1	52,5	41,2	110,1	14,9	194,9	26,3	6,3
	2010г	347,7	33,5	63,0	86,0	24,7	133,0	38,3	3,5
	2011г	575,2	48,8	42,3	92,3	16,0	151,5	26,3	8,9
	2012г	453,4	40,3	50,2	98,9	21,8	128,7	28,4	9,6
	среднее	532,0	47,5	46,8	92,7	17,4	156,4	29,4	5,7
Подсолнечник	2001г	29,4	90,1	9,2	0	0,0	2,7	9,2	0,7
	2002г	39,6	83,6	15,7	2,1	5,3	4,1	10,4	0,7
	2003г	59,5	86,4	12,8	2,4	4,0	5,2	8,8	0,8
	2004г	26,5	67,9	28,3	3,6	13,6	3,9	14,7	3,8
	2005г	39,6	84,3	13,6	1,2	3,0	4,2	10,6	2,1
	2006г	11,3	74,5	22,1	0,7	6,2	1,8	15,9	3,4
	2007г	31,6	72,2	26,2	4,8	15,1	3,5	11,1	1,6
	2008г	29,7	92,3	6,0	0,1	0,3	1,7	5,7	1,7
	2009г	49,9	94,4	4,8	0,1	0,2	2,3	4,6	0,6
	2010г	34,8	94,8	4,3	0,2	0,6	1,3	3,7	0,9
	2011г	158,5	96,3	2,6	0,5	0,3	3,6	2,3	1,1
	2012г	110,3	94,1	5,1	0,2	0,2	5,4	4,9	0,8
	среднее	51,7	89,9	8,9	1,3	2,5	3,3	6,4	1,2

Всего	2001г	447,8	54,4	40,0	57,5	12,8	121,4	27,2	5,6
	2002г	510,2	56,8	38,0	63,4	12,4	130,6	25,6	5,2
	2003г	484,0	52,6	42,3	84,4	17,5	120,4	24,8	5,1
	2004г	556,5	39,5	55,3	131,5	23,6	176,4	31,7	5,2
	2005г	603,7	45,2	50,7	124,9	20,7	181,4	30,0	4,1
	2006г	596,5	44,9	48,4	91,1	15,3	197,3	33,1	6,7
	2007г	502,2	41,7	53,9	91,4	18,2	179,3	35,7	4,4
	2008г	833,3	62,8	34,2	96,1	11,6	189,1	22,6	3,0
	2009г	791,0	55,2	38,8	110,2	13,9	197,2	24,9	6,0
	2010г	382,5	39,1	57,6	86,2	22,5	134,3	35,1	3,3
	2011г	733,7	59,1	33,7	92,8	12,6	155,1	21,1	7,2
	2012г	563,7	50,8	41,4	99,1	17,6	134,1	23,8	7,8
	среднее	583,8	51,2	43,5	94,1	16,1	159,7	27,4	5,3

Понятно, что такой необычно высокий удельный вес семян при производстве ячменя и пшеницы нельзя объяснить ни сравнительно невысокой урожайностью фермерских полей, ни нарушениями агротехники при производстве продукции. Хотя и первое, и второе – объективная реальность абсолютного большинства российских фермерских хозяйств [3,6,14-17]. Действительно, порой фактический расход семян превышает агрономические нормы в 1,5 раза, но главное в ином.

Семена любой культуры после 5…6 - летнего репродуцирования существенно ухудшаются. Оптимальным считается использование в товарных посевах семян 2-4 репродукции, только в этом случае наиболее полно передаются наследственные качества и признаки сорта. Однако только высокой репродукции семян недостаточно, необходимо, чтобы семенной материал не имел сорных примесей, видового и сортового засорения, не был поражен болезнями и вредителями и т.д. К сожалению, фермеры не в состоянии самостоятельно обеспечивать свои хозяйства высококачественным семенным материалом.

Во-первых, семеноводческих севооборотов, как таковых, в фермерских хозяйствах нет, как нет и семенных посевов, отвечающих хотя бы элементарным требованиям агротехники возделывания семян (пространственная изоляция перекрестноопыляемых культур, насыщение почвы необходимыми дозами удобрений с преобладанием фосфора, проведение видовых и сортовых прополок, использование «мягких» режимов работы зерноуборочных комбайнов при обмолоте семян и т.д.).

Во-вторых, из-за отсутствия соответствующих машин в фермерских хозяйствах невозможно качественно провести послеуборочную очистку семян. Например, машины для первичной очистки семян имеются не более чем в 18% фермерских хозяйств, машин для вторичной очистки нет вообще. В-третьих, в фермерских хозяйствах невозможно провести и качественную предпосевную обработку семян, предотвращающую заражение посевов болезнями. Только в 3,3% фермерских хозяйств имеются протравливатели семян.

Следовательно, необходимость приобретения высококачественных семян является объективной потребностью в абсолютном большинстве фермерских хозяйств. В результате широкое распространение получила практика, когда фермеры берут в долг у крупных сельскохозяйственных предприятий протравленные и очищенные семена и расплачиваются зерном полученного урожая из расчета один к трем. Естественно, что речь идет о семенах не

выше 4-5 репродукции. В редких случаях, если используются семена высоких репродукций, то при обмене соотношение увеличивается вдвое (1:6). В последнем случае поставщиками семян являются научно-исследовательские организации Тамбовской области.

Большое влияние на уровень товарности оказывает удельный вес различных видов продукции, которая идет в качестве натуральной оплаты аренды земельных долей. В настоящее время в структуре фермерского землепользования арендованные земельные доли составляют в среднем 54,8%. При этом в среднем за период 2001-2012гг размер натуральной оплаты составил 1,7 центнеров зерна за один гектар арендуемой земли. В результате, удельный вес произведенной продукции, которая используется на эти цели, достигает значительных величин.

Предпочтения арендодателей вполне очевидны: их интересует фуражное зерно и, прежде всего, ячмень. Пшеница рассматривается только как замена ячменя. Самостоятельного значения пшеница для арендодателя, например, с целью производства муки обычно не имеет, потому что это требует дополнительных, причем очень обременительных, затрат. Правда, отмечены случаи, когда сами фермеры брали на себя все хлопоты, связанные с производством муки, и предоставляли уже муку в качестве арендной платы. Однако чаще арендодатель заинтересован не в муке, а в фуражном зерне. Примерно те же причины лежат в основе малого распространения натуральной оплаты в виде подсолнечника. Он требует специальной переработки, следовательно, необходимо затратить немало усилий и средств, чтобы получить из подсолнечника масло.

Естественно, немаловажное значение имеет и цена на различные виды сельскохозяйственных культур. Фермер заинтересован выполнить свои арендные обязательства, прежде всего, за счет зерна, имеющего наименьшую цену. Совокупность указанных причин и объясняет тот факт, что в качестве основного вида натуральной оплаты за аренду земельных долей выступает ячмень. В результате, на эти цели фермерское хозяйство расходует в среднем 32,8% ячменя, тогда как пшеницы и подсолнечника лишь 8,2% и 2,5%.

Главной причиной того, что часть продукции фермер оставляет на семейное потребление, является стремление обеспечить кормом скот на личном подворье. В принципе объемы и структура продукции, используемой на эти цели, корреспондируется с количеством животных, имеющихся на подворье фермера. Общий объем продукции, используемой на внутрисемейное потребление, составил в среднем 5,3% от количества произведенной продукции. В денежном исчислении, с учетом средней стоимости реализации различных видов сельскохозяйственной продукции, это составило, например, в 2009г- 7,6 тыс.руб., а в 2012г – 24,3 тыс.руб. в расчете на одно хозяйство.

Исходя из изложенного, очевидно, что уровень товарности фермерских хозяйств во многом предопределяется технико-технологическими и организационно-экономическими условиями их деятельности. Основными факторами, которые снижают уровень товарности фермерских хозяйств, являются, во-первых, необходимость использовать неэквивалентный обмен товарного зерна на семенной материал высоких репродукций в пропорции от 1:3 до 1:6. В результате в среднем за 2001-2012 гг. на эти цели было израсходовано 27,4% от общих объемов произведенной продукции.

Во-вторых, необходимость натуральной оплаты аренды земельных долей. С учетом того факта, что более половины фермерского землепользования – это арендованные земельные

доли, в среднем за 2001-2012 гг. натуральные выплаты в счет арендной платы составили 16,1% от общих объемов произведенной продукции.

Список литературы

1. Butterfield J., Kuznetsov M., Sazonov S. Peasant farming in Pussia // Journal of Peasant Studies. - 1996. -Т. 23. – № 4. – С.79-105.

2. Сазонов С.Н. Трудовое крестьянское и предпринимательское фермерское хозяйства / С.Н.Сазонов // Международный сельскохозяйственный журнал. – 1996. - №6. – С.24-26.

3. Sazonov S. and Sazonova D. Development of Peasant Farms in Central Russia // Comparative Economic Studies 47 (1). - 2005. – Pp. 101-114.

4. Сазонова, Д.Д. Фермерство на тамбовщине: состояние и тенденции развития / Д.Д.Сазонова, С.Н.Сазонов // Социологические исследования. – 2006. - №7. - С.61-70.

5. Завражнов А.И. Формирование среднего класса на селе и аграрное образование / А.И.Завражнов // Достижения науки и техники в АПК.–2009.-№9.-С.70-72.

6. Сазонова, Д.Д. Фермерские хозяйства Тамбовской области / Д.Д.Сазонова // Аграрная наука. 2004. - №11. - С.6-7.

7. Сазонов, С.Н. Динамика землепользования и оснащения техникой фермерских хозяйств / С.Н.Сазонов Д.Д.Сазонова // Достижения науки и техники АПК. – 2004. - №7. - С.38-40.

8. Солопов В.А. Диверсификация инновационного производства зерна / В.А. Солопов, К.К.Акимов // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2012. - №4. – С.109-114.

9. Никитин А.В. Государственная поддержка страхования сельскохозяйственных рисков: теория, методологи и практика: автореф. дисс… докт. эконом наук: 08.00.05, 08.00.10 / А.В. Никитин – Москва: ГНУ ВИАПИ им.Никонова А.А., 2008. – 45с.

10. Сазонова Д.Д. Структура и динамика доходов и расходов в крестьянских (фермерских) хозяйствах / Д.Д.Сазонова // АПК: экономика, управление. – 2004. - №2. - С.53-62.

11. Сазонова Д.Д. Уровень товарности фермерских хозяйств и каналы реализации продукции / Д.Д.Сазонова // Никоновские чтения. – 2005. - №10. - С.231-235.

12. Сазонова Д.Д. Каналы реализации и цены продаж продукции фермерскими хозяйствами / Д.Д.Сазонова, С.Н. Сазонов // Никоновские чтения. - 2010. - №15. – С.160-162.

13. Сазонова Д.Д. Каналы реализации продукции фермерскими хозяйствами / Д.Д.Сазонова // Никоновские чтения. – 2009. - №14. - С.422-424.

14. Сазонова Д.Д. Влияние приоритетного национального проекта «Развитие АПК» на результаты деятельности фермерских хозяйств / Д.Д.Сазонова, С.Н.Сазонов - Тамбов: НЭАЦентр КФХ, 2008. – 131 с.

15. Сазонова Д.Д. Аллокативная и техническая эффективности фермерских хозяйств / Д.Д.Сазонова, С.Н.Сазонов // Сер. Научные доклады. Том. 208 – М.: Московский научный фонд, 2010. – 160с.

16. Сазонова Д.Д. Оценка технической эффективности использования производственных ресурсов в фермерских хозяйствах / Д.Д.Сазонова, С.Н.Сазонов // Экономика: вчера, сегодня, завтра. - 2012. - №3-4. С.108-128.

17. Сазонова Д.Д. Аллокативная эффективность использования производственных ресурсов в фермерских хозяйствах / Д.Д.Сазонова, С.Н.Сазонов // Экономика: вчера, сегодня, завтра. - 2013. - №3-4. - С.32-53.

18. Завражнов А.И. Биотехнические системы в агропромышленном комплексе / А.И.Завражнов, П.И.Огородников - М.: Издательский дом «Университетская книга», 2011. - 412 с.

19. Ерохин Г. Н. Моделирование эксплуатационно-технологических показателей зерноуборочных комбайнов / Г. Н. Ерохин, А. С. Решетов, В. В. Коновский // Тракторы и сельхозмашины. – 2011. - № 1. – С. 30-31.

20. Ерохин Г.Н. Моделирование показателей использования зерноуборочных комбайнов ACROS 530 и VECTOR 410 / Г.Н.Ерохин, С.Н.Сазонов С.Н., В.В. Коновский // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. - 2013. – Т.65. – С.114-117

21. Ерохин Г.Н. О надежности работы зерноуборочных комбайнов / Г.Н.Ерохин, С.Н.Сазонов С.Н., В.В. Коновский // Вестник Мичуринского аграрного университета. – 2013. - №6. – С.59-64

22.Сазонов, С.Н. Техническое оснащение как фактор восстановления фермерских хозяйств / С.Н.Сазонов, Д.Д.Сазонова // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2010. - №5. - С.24-26.

23.Сазонова, Д.Д. Первоочередные объекты производственной инфраструктуры в фермерских хозяйствах / Д.Д.Сазонова, О.Н. Попова, С.Н.Сазонов // Техника и оборудование для села. – 2006. - №12. - С.14-16.

24. Никитин А.В. Почему страхование сельскохозяйственных культур является дорогим, или как снизить затраты на страхование / А.В.Никитин // Агрострахование и кредитование. – 2005 (август). – С.19-25.

25. Сазонова Д. О соразмерности социальных платежей и результатов деятельности фермерских хозяйств / Д.Сазонова, С.Сазонов // Человек и труд. -2013.- №7. - С.34-39.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Сазонова Дамира Давидовна*, ведущий научный сотрудник, кандидат экономических наук, доцент. Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов Россельхозакадемии. Адрес: Ново-Рубежный переулок, д. 28, г. Тамбов, 392022, Россия.*
E-mail: snsazon@mail.ru

Сазонов Сергей Николаевич*, заведующий лабораторией, доктор технических наук, профессор. Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов Россельхозакадемии. Адрес: Ново-Рубежный переулок, д. 28, г. Тамбов, 392022, Россия. E-mail: snsazon@mail.ru*

Попова Ольга Николаевна*, старший научный сотрудник, кандидат технических наук, доцент. Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов Россельхозакадемии. Адрес: Ново-Рубежный переулок, д. 28, г. Тамбов, 392022, Россия. E-mail: snsazon@mail.ru*

РЕЦЕНЗЕНТ

Ерохин Г.Н., *заведующий лабораторией, кандидат технических наук, старший научный сотрудник. Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский*

институт использования техники и нефтепродуктов Россельхозакадемии. Адрес: Ново-Рубежный переулок, д. 28, г. Тамбов, 392022, Россия.

УДК 621.899

ОСТРИКОВ В. В., ШЕЛОХВОСТОВ В. П., ПОПОВ С. Ю., САФОНОВ В. В.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СТРУКТУРИРОВАНИЯ МОТОРНОГО МАСЛА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДОБАВКОЙ

Аннотация. *В статье изложены теоретические предпосылки структурирования масляной среды, формирования гелей на базе добавок к маслам с последующим их преобразованием в силовом поле. Представлены результаты испытаний многофункциональной добавки к работающим в двигателях моторным маслам.*

Ключевые слова: *моторное масло, двигатель, трение, кластер, гель, сверхрешетка, добавки, присадки, смазочная композиция.*

OSTRIKOV V. V., SHELOKHVOSTOV V. P., POPOV S. Y., SAFONOV V.V.

THEORETICAL ANALYSIS OF OIL STRUCTURIZATION MOTRNOGO MULTIFUNCTIONAL ADDITIVES

Abstract. *The article describes the theoretical premises structuring oil environment , the formation of gels based additives to oils and their subsequent conversion into a force field. The results of tests multifunctional additives in engines operating motor oils.*

Keywords: *motor oil, engine friction, cluster, gel, ultra cell, additives, lubricant composition.*

Моторные масла, являясь важнейшим конструктивным элементом двигателя, могут длительно и надежно выполнять свои функции, обеспечивая заданный ресурс двигателя только при соответствии его свойств тем термическим, механическим и химическим воздействиям, которым масла подвергаются в смазочной системе двигателя и на поверхностях смазываемых и охлаждаемых деталей [1-5].

Вместе с тем известно, что по мере наработки моторные масла, в зависимости от технического состояния машины и нагрузочных режимов, интенсивно накапливает продукты старения, которые ограничивают, установленные регламентом, сроки службы масла [6-12].

Для поддержания машин в работоспособном состоянии, а в некоторых случаях даже увеличения межремонтного ресурса двигателей, применяются специальные добавки, присадки, ремонтно-восстановительные составы к маслам, которые дополнительно вносятся в работающее моторное масло [13, 14]. Направленный на решение вопросов улучшение свойств масел большой перечень различного рода добавок, по заявлениям разработчиков, позволяет повысить противоизносные, антиокислительные и другие свойства масел, или придают работающим маслам ремонтно-восстановительные свойства, способствующие образованию на поверхностях трения защитных пленок, новообразований и т.д.

Приемлемой технологией считается первоначальное формирование пакета присадок как отдельной промежуточной системы и последующее формирование рабочей среды (моторного масла) введением данного пакета (промежуточной системы). В каждой стадии требуется собственная технология, которая может создаваться на основе знаний физических процессов, созданных моделей, экспериментальной проработки и промышленных испытаний.

Сложность физико-химических процессов в моторных маслах [15-19] затрудняют формирование единой теории создания пакетов присадок.

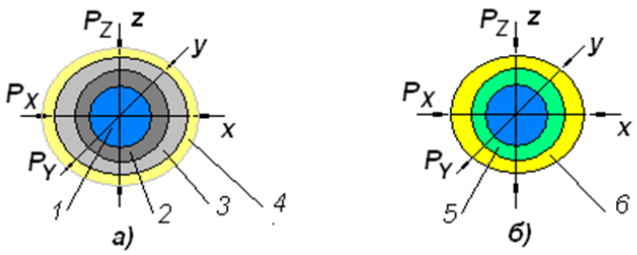
Структура жидкостей, в макромасштабе, характеризуется строением «ближнего порядка», под которым подразумевается кратковременное (~10^{-5}÷10^{-9}сек) существование в объеме ассоциаций с определенным закономерным расположением молекул (атомов) в пространстве, возникающих и распадающихся из-за сравнимости величины межмолекулярных связей с энергией теплового фона (~10÷15эВ), а также существования тепловых флуктуаций с энергией, превышающей межмолекулярные связи.

Также существуют представления о том, что жидкости обладают таким рядом свойств, которые трудно представить без постоянного существования каких-то составляющих (ассоциаций) из морфологических составляющих среды. Чаще их называют кластерами. Их инициирование определяется случайными примесями и сознательно вводимыми компонентами. В ряде работ показано существенное влияние наноструктурных компонентов на ряд свойств этих сред уже в твердофазном состоянии. Это связывают со структурной спецификой наноструктурных компонентов (на поверхности нанокомпонента располагается более 50% атомов), высокой их активностью и способностью создавать специфическую структуру контактирующего с их поверхностью слоя среды. С этим и связывают изменения свойств наномодифицированной среды, однако механизмы, обеспечивающие распространение специфики свойств нанокомпонента на весь объем, удовлетворительно объясняют этот факт только для значительных концентраций нанокомпонентов.

В статике каждый твердофазный нанокомпонент компенсируется, по крайней мере, двумя слоями (рис. 1) различного происхождения.

В случае синтеза нанокомпонентов в отдельном процессе и последующем переносе их в другие среды происходит компенсация активной поверхности нанообъекта промежуточными средами (рис. 1, а), снижение активности и снижение достигаемого эффекта модифицирования.

При получении нанокомпонента непосредственно в модифицируемой среде состав компенсирующих слоев соответствует составу среды (рис. 1, б), а структура и свойства этого приповерхностного объема изменены в соответствии со спецификой воздействия нанокомпонента. Доля этого объема в общем объеме среды при малой концентрации невелика и эффект модифицирования – улучшение каких-либо свойств – не достигается. Таким образом, для достижения нужного эффекта требуется распространить измененный по структуре приповерхностный с компонентом слой среды на весь ее объем. Этого можно достичь реализацией процесса отделения контактного слоя среды от поверхности нанокомпонента, удаления его в объем и последующего возникновения на этой же поверхности нового слоя. Эффект модифицирования будет увеличиваться по мере накопления в объеме кластеров, возникших из контактного слоя.



1 – нанокомпонент; 2, 3 – компенсирующие слои промежуточной среды; 4 – модифицируемая среда; 5, 6 – компенсирующие слои из материала модифицируемой среды.
Рисунок 1 – Схема приповерхностных слоев нанокомпонента.

Достижение этой цели в условиях статического воздействия затруднительно в силу ряда причин. В частности, нанокомпонент и компенсирующие слои испытывают воздействие всестороннего сжатия:

$$P_x = P_y = P_z = Const \qquad (1)$$

Удельные характеристики в этом случае определяются величиной давления P_i отнесенной к площади S_i нанокомпонента:

$$\sigma_i = \frac{P_i}{S_i} \qquad (2)$$

Тогда соотношение (1) приобретает вид:

$$\sigma_x = \sigma_y = \sigma_z = Const \qquad (3)$$

А численно это состояние может описываться средним гидростатическим напряжением σ_n по соотношению:

$$\sigma_n = \frac{\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z}{3} \qquad (4)$$

Состояние с равенством нормальных напряжений по принятым осям соответствует объемному напряженному состоянию. Полная характеристика напряженного состояния включает дополнительно соотношение для касательных напряжений τ_i, приобретающих максимальные значения в направлениях под углом 45^0 между главными нормальными напряжениями, определяемых как:

$$\tau_i = \tau_{max} = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2} = 0 \qquad (5)$$

Выполнение в этом случае условий межмолекулярного разделения в цепочке нанокомпонент – компенсирующие слои, т. е. $-\sigma_x=-\sigma_y=-\sigma_z<<+\sigma_{отр}$, практически оказывается труднодостижимым из-за противоположных знаков и больших значений $\sigma_{отр}$.

Сопротивление отрыву $\sigma_{отр}$ характеризует только величину внутримолекулярных связей, определяется родом материала, мало изменяется от температуры и даже при смене агрегатного состояния, для большинства материалов оно находится в пределах единиц и десятков микрон. Межмолекулярные связи зависят существенно от внешних условий (температуры, скорости нагружения и др.). Реализация оптимального процесса введения нанокомпонента возможна в случае создания таких условий его введения, при которых обеспечивалось благоприятное напряженное состояние в отношении трансформации компенсирующего слоя.

Основными условиями следует принять неравенство давлений P_i или нормальных напряжений σ_i по принятым осям:

$$P_x \neq P_y \neq P_z;\ \sigma_x \neq \sigma_y \neq \sigma_z \qquad (6)$$

А также наличие максимально возможных касательных напряжений τ_{max} при:

$$[\sigma_x > \sigma_y > \sigma_z] \sim [\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3] \qquad (7)$$

Определяемых как:

$$\tau_{max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \gg 0 \qquad (8)$$

Достижение в этих условиях τ_{max} сопротивления сдвигу $\tau_{сдв}$, будет обеспечивать деформацию контактного с нанокомпонентом слоя и создаст условия его смещения в объем среды.

Одним из вариантов рассматриваемой гипотезы может быть использование изменяющихся напряженных состояний и различных скоростей нагружения вокруг нанообъекта, что может реализовываться при встрече потока масла с нанокомпонентами с препятствиями, в случае кавитационных процессов, при дросселировании, центрифугировании.

На рис. 2 и 3 приведена феноменология трансформации контактного слоя, возникшего в промежуточной среде, его последовательной деформации при встрече препятствия движущемуся потоку, сдвига и удаления в объем с последующей заменой контактными слоями рассматриваемой среды.

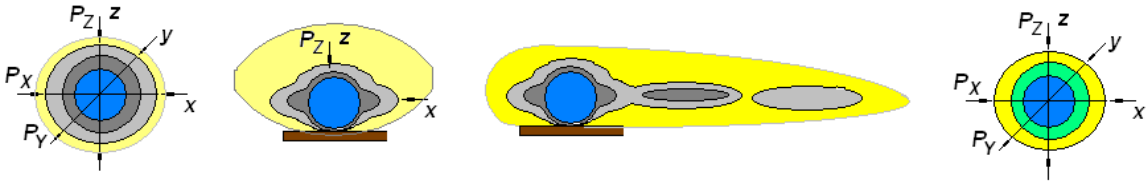


Рисунок 2 – Стадии замены примесного контактного слоя на слой среды.

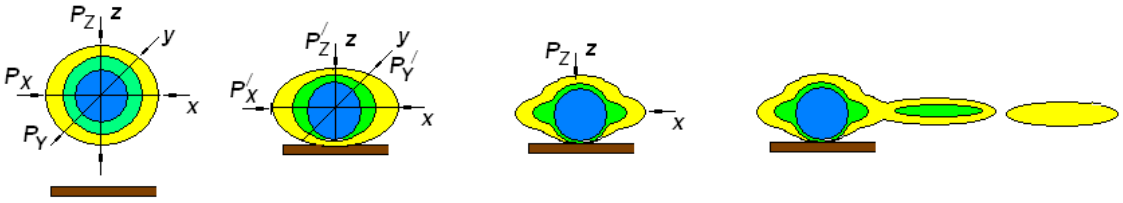
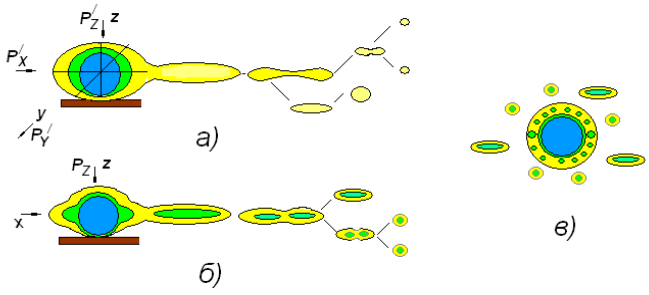


Рисунок 3 – Перенос структурных составляющих контактного слоя в объем среды.

Развитие представлений о переносе компенсирующих слоев, контактирующих с поверхностью нанообъекта, показано рис. 4.



а – механизм переноса структурных состояний в объем и формирование кластеров на базе второго компенсирующего слоя; б – механизм переноса структурных состояний в объем и формирование кластеров на базе первого компенсирующего слоя; в – схема объемной компенсации нанообъекта кластерами из молекул масла

Рисунок 4 – Формирование масляных молекулярных кластеров под воздействием нанообъектов и динамических процессов в масле.

При определенном уровне касательных напряжений происходит отделение ион-компенсирующего слоя с образованием кластеров с ядрами на основе этого слоя (рис. 4, а). По-видимому, связи этих ядер с внешними их слоями находятся на уровне межмолекулярных и могут разрушаться за счет теплового движения. Время их жизни в первом приближении можно оценивать в диапазоне $10^{-6} \div 10^{-5}$ сек.

Дальнейшая деформация компенсационных слоев связана с формированием плоского напряженного состояния, поскольку:

$$P_x = P_y \ll P_z;\ \sigma_x = \sigma_y \ll \sigma_z \qquad (9)$$

При таком соотношении величина касательных напряжений определяется уровнем $\sigma_x = \sigma_y$ по отношению к σ_z или разницей $\sigma_2 = \sigma_3 << \sigma_1$. Вместе с тем, уровень $\sigma_2 = \sigma_3$ определяется сопротивлением среды в плоскости *XY*. Величина сопротивления будет зависеть от скорости приложения нагрузки по оси *Z*, температуры и др.

Основная трудность реализации предложенной схемы деформации компенсирующих слоев заключается в различных уровнях сопротивления сдвигу. Более высокими и соизмеримыми можно предполагать сопротивления сдвигу в нанокомпонентах $\tau_{нк}$, ион-формирующем $\tau_{ифс}$, ион-компенсирующем $\tau_{икс}$ слоях. В противоположность этому последующие слои относятся к области с легким скольжением $\tau_{лск}$. Как известно из литературных данных, $\tau_{лск}$ для них оказывается на несколько порядков меньше, т.е.:

$$\tau_{нк} > \tau_{ифс} > \tau_{икс} >> \tau_{лск} \quad (10)$$

Таким образом, несмотря на сравнительно невысокие сопротивления сдвигу для первых трех составляющих и плоское напряженное состояние деформация в этих слоях может и не реализовываться из-за релаксирующего действия последующими за ними слоями. Выход из этой ситуации может усматриваться либо в изменении свойств среды (масла), либо близкого к объему напряженного состояния в слоях с легким скольжением. При этом максимальные касательные напряжения в слоях легкого скольжения $\tau_{max(лск)}$ должны быть меньше сопротивления сдвигу $\tau_{лск}$.

Одним из положительных факторов может рассматриваться вариант создания сверхрешетки на кластерах, сформированных на нанообъектах меди, удаленной из объема специфической технологией (разбавление) и замененной на микроскопические медные частицы. В силу различия площади нано- и микрообъектов меди в объеме будут сохраняться избыточные масляные кластеры, тяготеющие к свободным поверхностям меди, осажденной на контактных «железных» поверхностях. Свободные поверхности создаются каждый раз после взаимного контакта в зацеплении, компенсируются масляными кластерами, которые будут в большей степени удерживаться на медной поверхности. Этим самым будет постоянно сохраняться на поверхности измененный ранее нанообъектами масляный слой.

Спектр процессов взаимодействия может расширяться в зависимости от размеров и типа ядра кластера, под которым подразумевается тот компенсационный слой, на основе которого сформировано ядро кластера.

Наиболее доступным для понимания можно представить вариант сверхрешетки нулевого порядка, когда в объеме происходит закономерное распределение нанообъектов с несколькими компенсационными слоями. При этом по мере увеличения концентрации нанообъектов исчезают неупорядоченные объемы, затем более удаленные компенсационные слои. При этом последовательно увеличивается устойчивость сверхрешетки и при частичном присутствии только первого компенсационного слоя речь идет об образовании качественно нового объемного наноструктурного материала – геля. Процессы формирования сверхрешетки или наногеля связаны с последовательным введением в суспензию нанообъектов с их равномерным распределением.

Если упорядоченность большей части объема определяется кластерами с ядрами на основе первого компенсационного слоя, а весь остальной объем масла будет иметь поляризацию второго слоя, то такое состояние можно назвать сверхрешеткой первого порядка. В случае формирования решетки на основе второго компенсационного слоя – сверхрешетка второго порядка, третьего слоя – СР третьего порядка.

Важнейшим фактором формирования сверхрешеток различного типа является разведение суспензии, поскольку при этом происходит последовательное удаление из объема нанообъектов, затем кластеров первого, второго и т.д. порядков, что и обеспечивает образование сверхрешеток различного типа.

Одним из преимуществ может рассматриваться вариант создания сверхрешетки на кластерах, сформированных на нанообъектах дисульфида молибдена. В силу различия площади нано- и микрообъектов дисульфида молибдена в объеме будут сохраняться избыточные масляные кластеры, тяготеющие к свободным поверхностям дисульфида молибдена, осажденной на контактных «стальных» поверхностях. Свободные поверхности создаются каждый раз после взаимного контакта в зацеплении, компенсируются масляными кластерами, которые будут в большей степени удерживаться на поверхности. Этим самым будет постоянно сохраняться на поверхности измененный ранее нанообъектами масляный слой. На контактирующих поверхностях добавка будет дольше удерживаться и труднее с них «удаляться», т.е. увеличится толщина масляной пленки, и повышается смазывающая способность масла [20].

В первом приближении механизм формирования сверхрешеток при взаимодействии работающего масла с наноструктурированными добавками может быть следствием изначального изменения дисперсного состава добавки, разведение превращения ее в гель, дальнейшего комулятивного воздействия в поле центробежных сил на композицию масла с добавкой с целью обеспечения увеличения толщины масляной пленки на поверхностях смазываемых деталей. Моделируя процесс изменения дисперсного состава добавок к маслам, с учетом имеющегося опыта, отметим возможность уменьшения частиц металлов (дисульфида молибдена, олова) их растворением в некоторых спиртах. Замечено, что дисперсный состав основной массы частиц сосредоточенных в диапазоне 0,5÷1мкм может быть уменьшен до размеров 0,1мкм и ниже. Взаимодействие со спиртом наноструктурированной добавки приводит к изменению среды, превращая ее из легко текущей жидкости в легко подвижный гель, далее вносимый в рабочую среду (масло) и

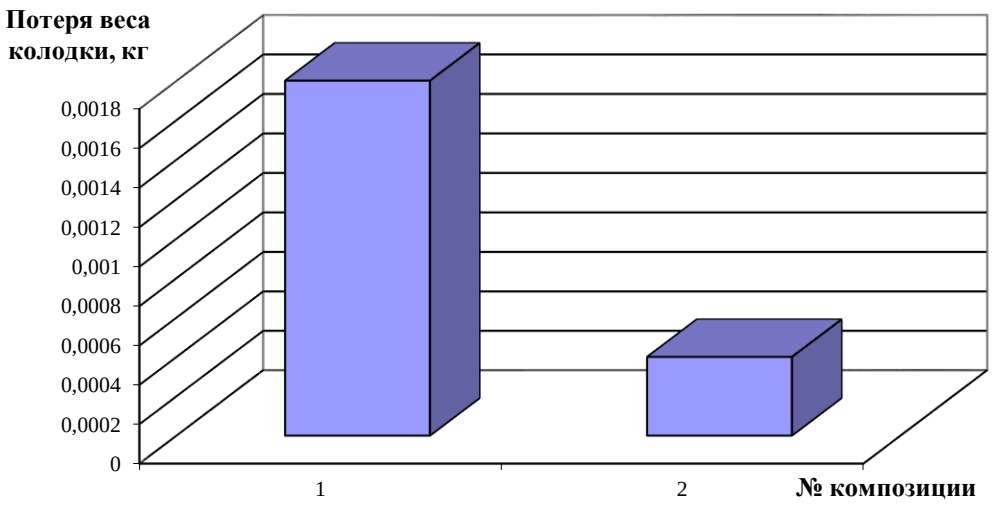
равномерно перемешиваемый. Эффективное перемешивание и равномерное распределение геля по всему объему масла обеспечивается кумулятивным движением в потоке при выходе из сопел центробежных очистителей масла, установленных во многих двигателях внутреннего сгорания. Вращение в поле центробежных сил ультрадисперсных частиц добавки практически не вызывает их осаждения на стенки корпуса центрифуг, вместе с тем нельзя отрицать факт того или иного уменьшения концентрации частиц добавки, растворенной в работающем масле, так как нельзя избежать уноса частиц присадки вместе с загрязнениями, удаляемыми центрифугированием.

ГНУ ВНИИТиН совместно с СГАУ им. Н. И. Вавилова была поставлена задача разработки принципиально нового многофункционального ремонтно-восстановительного состава к работающим моторным маслам, способного продлять срок службы масла и восстанавливать изношенные поверхности деталей машин.

Принципы продления сроков службы масла базируются на признании того, что продукты старения, присутствующие в работающем моторном масле необходимо нейтрализовать или удалить. Данный эффект должен быть достигнут внесением многофункционального трибопрепарата способствующего коагуляции загрязнений и удалению их штатными, встроенными в систему смазки двигателей, центрифугами. При этом одновременно добавка выполняет функции восстановления изношенных пар трения.

В результате проведенных совместных исследований удалось разработать принципиально новую многофункциональную смазочную композицию и новый технологический процесс. В композицию, состоящую из масла МС-20 и ряда синтезированных на основе ультрадисперсных порошков (УДП) чистых модифицированных металлов, улучшающих трибологические характеристики масел, вводится раствор агента, позволяющий повысить смазывающие свойства масел и, разорвав связь частных присадок с мельчайшими загрязнениями менее 1 мкм (смол, асфальтенов, карбенов), укрупнить их до размеров (20…30 мкм), доступных к удалению встроенными в систему смазки центрифугами.

Испытания, проведенные на машине терния «Колодка-ролик», подтвердили, что после внесения многофункциональной смазочной композиции в работающее моторное масло, и последующее удаления продуктов окисления, износ по потери массы колодок уменьшился более чем в 4 раза, по сравнению с тем же маслом, работающем в штатном режиме. Результаты испытаний представлены на рис. 5.



1 – исходное масло (М10Г$_2$к); 2 – масло после внесения модифицированной смазочной композиции и удаления продуктов старения

Рисунок 5 – Износ по потери массы колодок

На следующем этапе проводились испытания модифицированной смазочной композиции в двигателях тракторов, эксплуатирующихся в сельхозпредприятиях. На момент начала испытаний двигатели внутреннего сгорания находились в технически исправном состоянии. До и после испытаний на всех двигателях проводился замер расхода топлива на холостых и максимальных оборотах, измерялась компрессия в цилиндрах.

Технологический процесс осуществлялся следующим образом. В работающее моторное масло, после прогрева его в двигателе до температуры 80±5°С, вносилась гелеобразная многофункциональная добавка. Двигатель запускался и работал на холостых оборотах в течение 30÷40 мин. Далее двигатель останавливался, производился разбор и очистка центрифуги системы смазки. После очистки центрифуги двигатель запускался и работал в штатном режиме. Показатели двигателя внутреннего сгорания до начала испытаний и после представлены в табл. 1, 2, 3.

Таблица 1 – Исходные показатели двигателей внутреннего сгорания до внесения многофункциональной смазочной композиции

ДВС трактора / Показатели	МТЗ-80 №18	МТЗ-80 №22
Расход топлива на холостом ходу, л/ч	1,77	1,59
Расход топлива на МАХоборотах, л/ч	6,2	5,8
Компрессия, кгс/см^3 (1-й/2-й/3-й/4-й цилиндры)	24,5/24,7/24,3/24,6	24,5/24,2/25/24,4

Таблица 2 – Показатели двигателей внутреннего сгорания после внесения многофункциональной смазочных композиций и наработки 200 мото-часов

ДВС трактора / Показатели	МТЗ-80 №18	МТЗ-80 №22

Расход топлива на холостом ходу, л/ч	1,5	1,16
Расход топлива на МАХоборотах, л/ч	5,3	4,86
Компрессия, кгс/см^3 (1-й/2-й/3-й/4-й цилиндры)	26,1/25,8/25,9/26	26/25,9/26,1/26

Таблица 3 – характеристики работающего моторного масла до начала испытаний и после

Показатели	МТЗ-80, №18		МТЗ-80, №22	
	до очистки	после очистки	до очистки	после очистки
Вязкость кинематическая при 100°С, мм^2/с	11,5	10,6	10,8	10,1
Щелочное число, мгКОН/г	4,3	4,1	3,8	3,4
Кислотное число, мгКОН/г	1,4	0,8	1,7	0,65
Содержание нерастворимых загрязнений, %	0,9	0,01	0,85	0,005
Цвет, балл. ед. ЦНТ	8	5	9	5

Как видно из табл. 1, 2, 3 проведенными испытаниями установлено, что разработанная многофункциональная добавка и технологический процесс ее применения позволяет удалять продукты старения и загрязнения из работающих моторных масел, тем самым прогнозировать возможность продления срока службы моторных масел на 25÷30%. При этом работающее моторное масло, после 30 минут работы двигателя с внесенными смазочными композициями на высоких оборотах, изменило свой цвет с черного до прозрачного желтого, а полученные значения уменьшения расхода топлива, повышения компрессии в цилиндрах двигателей трактора, после определенной наработки, свидетельствуют о том, что разработанная смазочная композиция обладает достаточно высокими ремонтно-восстановительными свойствами.

Список литературы

1. Остриков В.В. Расширение функциональных возможностей добавок к моторным маслам / В.В. Остриков, А.Г. Зимин, С.Ю. Попов, В.В. Сафонов, К.В. Сафонов // Техника в сельском хозяйстве. – 2012. - №6. – С. 32-33.

2-10. Остриков В.В. Топливо и смазочные материалы / В.В. Остриков, Нагорнов С.А., Гафуров И.Д. – Уфа: Башкирский ГАУ, 2006. – 291 с.

3. Остриков В.В. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости / В.В. Остриков и др. – Тамбов: Из-во ТГТУ, 2008. – 304 с.

4. Нагорнов С.А. Повышение эффективности работы нефтехозяйств в АПК / Нагорнов С.А. и др. – М.: Росинформагротех, 2008. – 165 с.

5. Нагорнов С.А. Эффективное использование нефтепродуктов в сельском хозяйстве / Нагорнов С.А. и др. – М.: Росинформагротех, 2006. – 192 с.

6. Остриков В.В. Испытание трибодатчика для контроля уровня деградации масла / В.В. Остриков, А.Ю. Корнев, В.И. Вигдорович, И.Н. Шихалев // Наука в центральной России. – 2013. - №4. – С. 14-17.

7. Остриков В.В. Повышение эффективности использования смазочных материалов путем разработки и совершенствования методов, технологий и технических средств: дисс…

док. тех. наук 05.20.03 [Текст] / В.В. Остриков; Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова – Саратов, 2000. – 534 с.

8. Остриков В.В. Использование масел в двигателях зарубежной техники / В.В.Остриков, А.Ю.Корнев, К.А.Манаенков // Сельский механизатор. – 2012. -№5. – С.32-33

9. Остриков В.В. Удаление продуктов старения из масел / В.В. Остриков, И.В. Бусин // Сельский механизатор. – 2012. - №1. – С.36-37

10. Сазонов С.Н. Эффективность использования нефтепродуктов в фермерских хозяйствах / С.Н.Сазонов, В.В.Остриков // Сельский механизатор. – 2012. - №10. – С.32-33

11. Остриков В.В. Информационная взаимосвязь показателей качества работающих моторных масел / В.В.Остриков, Н.Н.Тупотилов, В.В.Белогорский // Техника в сельском хозяйстве. – 2008. - №3. – С.45-47.

12. Остриков В.В. Актуальные проблемы повышения эффективности использования нефтепродуктов в сельскохозяйственной технике / В.В. Остриков, С.Н.Сазонов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2013. - №1. – С.30-32.

13. Тупотилов Н.Н. Исследование очистки отработанных синтетических моторных масел специфическими растворителями / Н.Н. Тупотилов, В.В. Остриков, С.Ю. Попов // Наука в центральной России. - 2013. - № 5. - С. 27-30.

14. Остриков В.В. Теоретическая оценка пригодности работающего моторного масла к проведению ремонтно-восстановительных операций / В.В. Остриков, А.Г. Зимин, С.Ю. Попов, И.А. Забродский // Наука в центральной России. - 2013. - №5. – С. 36-42.

15. Вигдорович В.И. Электродные процессы и коррозия металлов группы железа в спиртовых средах: автореферат дисс... док. хим. наук 02.00.05 [Текст] / В.И. Вигдорович; НИФХИ им. Карпова – М., 1990.- 45 с.

16. Прохоренков В.Д. Носители защитной эффективности отработанных моторных масел / В.Д. Прохоренков В.Д., Л.Г. Князева, В.В. Остриков, В.И. Вигдорович // Химия и технология топлив и масел. – 2006. -№ 1. -С. 26-28.

17. Князева Л.Г. Технологические аспекты получения и применения антикоррозионных покрытий на базе продуктов очистки отработавших моторных масел / Л.Г.Князева, В.И.Вигдорович, А.И. Петрашев, В.Д. Прохоренков // Коррозия: материалы, защита. – 2010. - №12. – С.1-3

18. Тупотилов Н.Н. Производные растительных масел как добавки к смазочным материалам / Н.Н.Тупотилов, В.В.Остриков, А.Ю.Корнев // Химия и технология топлив и масел. – 2006.- №3. – С.29-30

19. Остриков В.В., Исследование влияния многофункциональных добавок на смазывающие свойства низкосернистых дизельных топлив / В.В. Остриков, А.Ю. Корнев, И.Н. Шихалев, А.Ю. Бектилевов // Наука в центральной России. 2013- № 5. - С. 20-26.

20. Остриков В.В. Повышение эффективности действия ремонтно-восстановительных составов / В.В. Остриков, А.Г. Зимин, С.Ю. Попов // Наука в центральной России. – 2013. - № 5. – С. 30-36.

21. Сафонов В.В. и др. Смазочная композиция. Патент на изобретение RUS 2123030 10.12.1998.

22. Ермилов А.Г., Ракова Н.Н., Башуров Ю.П., Сафонов В.В. Способ получения высокодисперсного карбида вольфрама или смеси карбида вольфрама и кобальта. Патент на изобретение RUS 227320 25.01.2002

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Остриков Валерий Васильевич*, доктор технических наук, заведующий лабораторией использования смазочных материалов и отработанных нефтепродуктов ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии. Адрес: Ново-Рубежный переулок, д. 28, г. Тамбов, 392022, Россия*

Шелохвостов Виктор Прокопьевич, *к.т.н., доцент кафедры «Материалы и технологии» Тамбовского государственного технического университета (ТГТУ), научный сотрудник ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии. Адрес: Ново-Рубежный переулок, д. 28, г. Тамбов, 392022, Россия*

Попов Сергей Юрьевич, *аспирант лаборатории использования смазочных материалов и отработанных нефтепродуктов ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии. Адрес: Ново-Рубежный переулок, д. 28, г. Тамбов, 392022, Россия*

Сафонов Валентин Владимирович, *д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Надежность и ремонт машин», декан факультета «Механизация сельского хозяйства и технический сервис" Саратовского ГАУ.*

РЕЦЕНЗЕНТ

Баршутин Сергей Николаевич*, кандидат технических наук, доцент, зам. директора института энергетики, приборостроения и радиоэлектроники Тамбовского государственного технического университета (ФГБО ВПО ТГТУ).*

УДК 631.017.3:621.181

ШУВАЛОВ А.М, ЧЕРНОВ Д.С, КАЛИНИН В.Ф, НАБАТОВ К.А.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ИНФРАКРАСНЫМИ ИЗЛУЧАТЕЛЯМИ НА МИКРОНИЗАЦИЮ СОИ

Аннотация. *В статье приведен расчет расхода электроэнергии инфракрасными излучателями на микронизацию сои.*

Ключевые слова. *Микронизация, соя, расход электроэнергии.*

SHUVALOV A.M., CHERNOV D.S., KALININ V.F., NABATOV K.A.

DETERMINATION OF POWER CONSUMPTION FOR MICRONIZATION OF SOYBEAN BY INFRARED EMITTERS

Abstract. *The paper presents a calculation of power consumption infrared emitters on the micronization of soybean.*

Keywords: *micronization, soy, power consumption.*

В сельском хозяйстве проблема обеспечения скота белком стоит остро во всем мире, в том числе и в России. Альтернативное решение – создание кормов с высоким содержанием протеина на основе растительного сырья. Среди перспективных сырьевых ресурсов учеными в последние десятилетия выделяется соя.

Однако, несмотря на высокие кормовые достоинства соевых бобов, они требуют специфического технологического подхода при использовании для кормовых целей, так как семена сои, в отличии от других сельскохозяйственных культур, содержат в своем составе ряд природных антипитательных веществ.

Классические способы снижения содержания антипитательных веществ основаны на длительной высокотемпературной обработке соевых бобов, предварительно прошедших стадии увлажнения, измельчения, либо при использовании цельных бобов.

Основными способами обработки сои являются: поджаривание, микронизация, экструдирование, СВЧ-обработка, автоклавирование, варка цельных бобов. [1-7]

Информационно-патентные исследования и поисковые опыты, проведенные в ГНУ ВНИИТиН указывают на перспективность применения микронизации сои. [8-11]

В этой связи ГНУ ВНИИТиН разработана экспериментальная установка для микронизации сои, которая включает в себя приемный, выгрузной бункеры, транспортер и инфракрасные излучатели.

Основными тепловыми источниками служат инфракрасные излучатели, собранные в кассеты для компактности. Кассеты направляют тепловой поток сверху на зерно. Поверхность кассет выполнена из теплоизолирующего материала для минимизации тепловых потерь.

Доминирующим показателем при расчете энергетических параметров установки является полезно затраченная энергия на один цикл облучения – это энергетическая доза, необходимая для инактивации антипитательных факторов одного цикла облучения.

$$W'_ц = m'_ц \cdot c \cdot (t_к - t_н), кВт \cdot ч$$

Где $m'_ц$ - масса обрабатываемого зерна в одном цикле, кг; с – теплоемкость сои, Дж/кг·^{0}С; $t_к, t_н$ - конечная и начальная температура зерна соответственно. Теплоемкость соевого зерна является переменным параметром и определяется в лабораторных условиях, так как при увлажнении соевого зерна теплоемкость меняется. Увлажнение необходимо для того, чтобы не допустить обгорания оболочки зерна и увеличить его теплоемкость, иначе при интенсивном облучении белки денатурируют, и зерно окажется малопитательным для животных.

Так как масса одного цикла облучения проходит стадию термической обработки зерна сои от момента загрузки ее на скребковый транспортер до ссыпания с него, то ее можно определить по формуле:

$$m'_ц = l \cdot m \cdot h \cdot \rho, кг$$

Где l, m - длина и ширина транспортерной ленты, м; h – высота слоя зерна сои, м; ρ - удельный вес, кг/м^3.

Суммарная полезно затраченная энергия определяется по формуле:

$$W_\Sigma = W'_ц \cdot n, кВт \cdot ч$$

Где n – количество циклов ИК- облучения для обработки заданного количества зерна сои (m).

С учетом потерь общий расход энергии на обработку сои определяется по формуле:

$$W_{об} = \frac{W'_{ц} \cdot n}{\eta}, кВт \cdot ч$$

Где η - КПД установки для обработки сои.

Вывод: разработанная методика позволяет определять расход электроэнергии на микронизацию сои с учетом количества циклов, массы одного цикла, удельной теплоемкости сои и допустимой температуры нагрева, а так же параметров транспортирующего устройства.

Список литературы

1. Стребков Д.С., Шувалов А.М., Якунин Д.В. Пищеварочная установка. Патент на изобретение RUS 2228131 28.05.2003.

2. Шувалов А.М. Энергетическая оценка системы энергоподвода к аппаратам многоцелевого агрегата для термической обработки сельхозпродукции. / А.М. Шувалов, К.А. Набатов, А.Н. Машков. // Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции – новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства. Сборник научных докладов XVII Международной научно-практической конференции 24-25 сентября 2013 года, г. Тамбов. – 2013. – С. 228-232.

3. Шувалов А.М., Зазуля А.Н., Набатов К.А., Машков А.Н. Пищеварочная линия. Патент на изобретение RUS 2454911 28.02.2011.

4. Шувалов А.М. Многоцелевая энерготехнологическая установка для крестьянских хозяйств. / А.М. Шувалов, В.Ф. Калинин, К.А. Набатов, А.Н. Машков. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2010. – № 5. – С. 20-22.

5. Шувалов А.М. Многофункциональная энерготехнологическая установка. / А.М. Шувалов, А.Н. Машков. // Сельский механизатор. – 2010. – № 12. – С. 23.

6. Шувалов А.М. Минимизация мощности аппаратов многоцелевой энерготехнологической установки. / А.М. Шувалов, В.Ф. Калинин, К.А. Набатов, А.Н. Машков. // Техника в сельском хозяйстве. – 2011. – № 3. – С. 16-18.

7. Шувалов А.М. Расчет параметров энерготехнологического агрегата. / А.М. Шувалов, А.Н. Машков, А.Н. Зазуля, К.А. Набатов. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2011. – № 9. – С. 18-19.

8. Сазонов С.Н. Первоочередные объекты производственной инфраструктуры в фермерских хозяйствах. / С.Н. Сазонов, Д.Д. Сазонова, О.Н. Попова. // Техника и оборудование для села. – 2006. – №12. – С. 14-16.

9. Завражнов А.И., Тишанинов К.Н. Устройство для разделения потока сыпучих материалов. Патент на изобретение RUS 2341954 26.12.2006.

10. Шувалов А.М. Влияние мощности ИК-облучения при микронизации полножирной сои Соер-5 на изменение тестовых показателей в ней. / А.М. Шувалов, Г.М. Шулаев, Н.А. Вотановская, Р.К. Милушев, Д.С. Чернов. // Наука в центральной России. – 2013. – №1. – С. 50-53.

11. Шувалов А.М.; Клейменов О.А.; Калинин В.Ф.; Гудухин В.Ф.; Терентьев О.В. Электродный нагреватель. Патент на изобретение RUS 2156410 23.02.1999.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Шувалов Анатолий Михайлович *д-р тех. наук, профессор, зав. лабораторией альтернативных источников энергии взамен жидкого топлива. Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов Россельхозакадемии., Ново-Рубежный пер., 28, г. Тамбов,392022, Россия.*

Чернов Денис Серафимович *аспирант. Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов Россельхозакадемии. Ново-Рубежный пер., 28, г. Тамбов,392022, Россия.*

Калинин Вячеслав Федорович *проректор ТГТУ, д-р тех. наук, профессор Тамбовский государственный технический университет, ул. Советская, 106. г. Тамбов, 392000, Россия.*

Набатов Константин Александрович *канд. тех. наук. Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов Россельхозакадемии. Ново-Рубежный пер., 28, г. Тамбов,392022, Россия*

РЕЦЕНЗЕНТ

Капустин Василий Петрович *д-р тех. наук, профессор кафедры «Агроинженерия» Тамбовского государственного технического университета, ул. Советская, 106. г. Тамбов, 392000, Россия.*

УДК 631.017.3:621.181

ШУВАЛОВ А.М., ЗАЗУЛЯ А.Н., ШУЛАЕВ Г.М, ВОТАНОВСКАЯ Н.А., ЧЕРНОВ Д.С.

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ОБРАБОТКИ СОИ

Аннотация. *В статье приведены различные способы обработки сои, а также технические средства, с помощью которых они реализованы. Описаны преимущества и недостатки технических средств.*

Ключевые слова: *обработка сои, соя, технические средства.*

SHUVALOV A.M., ZAZULYA A.N., SHULAEV G.M., VOTANOVSKAYA N.A., CHERNOV DS.

TECHNICAL MEANS FOR HANDLING SOYBEANS

Abstract. *The article shows various treatments soybean as well as technical means by which they are implemented. The advantages and disadvantages of technical means.*

Keywords: *handling soybeans, soybean, technical means.*

Проблема обеспечения сельскохозяйственных животных полноценным и недорогим белком актуальна как в России, так и за рубежом. Одним из способов решения этой проблемы является замена животных белков, используемых в наше время в животноводстве в качестве добавки в корм, белком растительного происхождения. Также необходимо обеспечить не только количество белка, но и его качество. Качество белка определяется возможностью животных его более полно усваивать, тем самым достигая максимальных привесов с минимальными затратами на белковые добавки.

Соя является наиболее подходящим заменителем животного белка растительным. В соевом зерне содержится 30-45% протеина, до 20% жира и сравнительно мало углеводов. Протеин сои характеризуется высокой (до 80%) растворимостью, что является очень важным показателем для усвоения этого белка животными. По аминокислотному составу соевый

белок очень близок к белку животного происхождения. Также в соевом зерне содержится много витаминов.

Однако в соевом зерне также имеются и антипитательные факторы, которые препятствуют усвоению сои сельскохозяйственными животными. Скармливать не обработанную сою моногастричным животным не рекомендуется.

В настоящее время наукой разработано достаточно методов, способов и технологических приемов инактивации ядовитых антипитательных веществ в компонентах комбикормов, а также подготовки их к «легкому» и быстрому усвоению организмом животного. Основными из них являются: поджаривание, экструдирование, СВЧ-обработка и пропаривание.[1]

При поджаривании семенам сои придается приятный вкус, увеличивается усвояемость, перевариваемость продукта, повышается биологическая полноценность протеина. Способ позволяет обрабатывать семена сои независимо от исходной влажности, а также уничтожать вредителей посредством воздействия высокой температуры. Однако существующие технические средства поджаривания сои, арахиса, кедровых орехов, семян подсолнечника и зерновых (ПСЖ-Г30-МО, ПСЖ-18БД, VM -60, К-30) имеют высокую энергоемкость (0,22-0,53 кВт.ч./кг) и металлоемкость (3,2-16 кг/кг.ч.), повышенную неравномерность обжаривания, низкий КПД, сложность в установке и эксплуатации. [2]

Анализ мирового опыта переработки сои показал, что с середины 80х годов на предприятиях малой мощности получил распространение метод «сухой экструзии». Для экструдирования зерна применяются экструдеры различных конструкций, мощности и производительности.[3]

К негативным аспектам использования экструдеров следует отнести высокую энергоемкость, металлоемкость, разрушение структуры зерна, что значительно уменьшает срок хранения сои. Кроме того при жестких режимах экструдирования происходит денатурация протеина, снижается доступность аминокислот. При недостаточной обработке не полностью инактивируются антипитательные факторы, особенно ингибиторы трипсина, что делает невозможным использование обработанного зерна в качестве добавки в корма для моногастричных животных. [1]

В целях снижения расхода энергии различными авторами исследовалась СВЧ-обработка сои.[3] Исследования показали, что СВЧ-обработка способствует разрушению ингибиторов трипсина, но уреазы всего лишь на 40%.

Ученые ДальНИПТИМЭСХ разработали опытный образец проточной СВЧ-установки мощностью 1кВт, однако для промышленной обработки сои такой мощности недостаточно. Следует отметить, что после СВЧ-обработки сои с ее замачиванием потребуется сушка продукта, в противном случае нельзя хранить. Для сушки потребуются дополнительные оборудование и энергозатраты. К тому же данный способ предполагает циклический метод обработки, что увеличивает время на различные технологические операции, а использование сразу двух способов обработки (пропаривание и СВЧ-обработка) влечет за собой существенное увеличение материальных и энергетических затрат. Удельный расход энергии при СВЧ-обработке составляет 1,02-1,07 Вт/кг.^{0}С.[3] Широкого распространения СВЧ-обработка для соевого зерна не получила, серийно СВЧ-установки для производственной обработки сои не выпускаются.

Известна установка для пропаривания зерна [4], содержащая моечную машину, загрузочный барабан, норию, бункер для подсушивания, пропариватель, надсушильный бункер, паровую сушилку. Технология пропаривания имеет ряд существенных недостатков. Для производства пара необходимой температуры требуется паровой котел с давлением не менее 2кг/см^2. Такие котлы подлежат регистрации и освидетельствованию в котлонадзоре. Обработка сои производится циклично. В целом оборудование для паровой обработки сои сложное по конструкции, эксплуатации, энергозатратное и трудозатратное.

Информационно-патентные исследования [9-15] показали, что одним из перспективных направлений в разработке энергосберегающих технологий обработки сои – использование новых физических методов подвода теплоты к продукту – микронизации. Применение в технологии обработки сои инфракрасного излучения интенсифицирует внутренние процессы, улучшает качественные показатели, облегчает их контроль и управление технологическими параметрами. В результате ИК - обработки происходит интенсификация процессов биохимических превращений в зерне, вследствие резонансного воздействия поглощаемой энергии на связи в молекулах биохимических полимеров.[1]

Известен микронизатор [5], содержащий загрузочный и разгрузочный бункеры, рабочую камеру, транспортирующее устройство, над которым размещены излучатели, вибростол с виброприводом. Недостатком является сложность конструкции, низкая надежность вибростола, длительная экспозиция, допустим только тонкий слой зерна, низкая производительность, большие удельные затраты энергии.

Предлагается так же установка для микронизации зерна [6], содержащая корпус, загрузочный бункер, камеру облучения с ИК - излучателями и выгрузное устройство. Техническое решение обладает рядом недостатков: из-за выделяющейся влаги и пыли при ИК- излучении на внутреннем светопропускающем кварцевом цилиндре быстро оседает пыль, коэффициент пропускания низкий, потери энергии велики, длительная экспозиция, низкая производительность, отсутствие поточности в технологическом процессе.

Известна так же установка для микронизации зерна [7], включающая в себя загрузочный бункер, два генератора СВЧ энергии, инфракрасный облучатель, каркасную раму, фторопластовый короб, вставку из кварцевого стекла в зоне действия ИК- лучей, тарельчатый дозатор, приемный бункер. Недостатками данной установки являются: потери энергии из-за снижения коэффициента пропускания ИК - лучей кварцевого стекла в результате образования на нем грязи от воздействия паров влаги и пыли, низкая производительность, сложность конструкции.

В последние годы широкое распространение получает установка для термообработки зерна типа УТЗ-4 [8]. Установка включает в себя ленточный конвейер с лентой из жаропрочного материала. Скорость ленты, время нахождения продукта под ИК-излучателями регулируется. Рабочая камера с ИК-излучателями находится над лентой. Недостатками данной установки являются: односторонний ИК-нагрев сверху не обеспечивает равномерность прогрева зерна, что снижает его качество, низкая производительность из-за малой толщины зерна на транспортерной ленте, большие энергозатраты.

С учетом выше изложенного ГНУ ВНИИТиН разработан макетный образец установки для микронизации сои [16-18], в основу которого положен способ комбинированной термической обработки сои (обогрев снизу и ИК-облучение сверху). Это позволяет

проводить более равномерный прогрев зерна сои, сокращать время обработки, расход электроэнергии и повышать качество обработанной сои. В настоящее время проводятся исследования по обоснованию режимных, конструктивных и энергетических параметров такой установки.

Вывод: из всего существующего и предлагаемого оборудования для удаления антипитательных веществ наиболее перспективными являются установки, выполненные на базе инфракрасных источников излучения.

Список литературы

1. Чернов Д.С. Поиск наиболее эффективных способов обработки сои для приготовления кормов. / Д.С. Чернов. // Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции – новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства. Сборник научных докладов XVII Международной научно-практической конференции 20-21 сентября 2011 года, г.Тамбов. – 2011. – С. 399-402.

2. Курдюмов В.И. Обжаривание сыпучих пищевых продуктов. / В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин, И.Н. Зозуля. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2011. – №1. – С. 23.

3. Стребков Д.С., Шувалов А.М., Якунин Д.В. Пищеварочная установка. Патент на изобретение RUS 2228131 28.05.2003.

4. Сазонова Д.Д. Оснащенность крестьянских (фермерских) хозяйств Тамбовской области основными средствами производства. / Д.Д. Сазонова, С.Н. Сазонов // Никоновские чтения. –2003. – №8. – С. 308-311.

5. Сазонов С.Н. Первоочередные объекты производственной инфраструктуры в фермерских хозяйствах. / С.Н. Сазонов, Д.Д. Сазонова, О.Н. Попова // Техника и оборудование для села. – 2006. – №12. – с. 14-16.

6. Завражнов А.И.; Тишанинов К.Н. Устройство для разделения потока сыпучих материалов. Патент на изобретение RUS 2341954 26.12.2006.

7. Шувалов А.М.; Клейменов О.А.; Калинин В.Ф.; Гудухин В.Ф.; Терентьев О.В. Электродный нагреватель. Патент на изобретение RUS 2156410 23.02.1999.

8. Шувалов А.М. Многофункциональная энерготехнологическая установка. / А.М. Шувалов, А.Н. Машков. // Сельский механизатор. – 2010. – № 12. – С. 23.

9. Шувалов А.М., Клейменов О.А., Зазуля А.Н., Калинин В.Ф., Мордасов М.М., Куликов Р.В. Пищеварочная линия. Патент на изобретение RUS 2181022 01.03.2000.

10. Шувалов А.М., Зазуля А.Н., Набатов К.А., Машков А.Н. Пищеварочная линия. Патент на изобретение RUS 2454911 28.02.2011.

11. Шувалов А.М. Многоцелевая энерготехнологическая установка для крестьянских хозяйств. / А.М. Шувалов, В.Ф. Калинин, К.А. Набатов, А.Н. Машков. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2010. – № 5. – С. 20-22.

12. Шувалов А.М. Многофункциональная энерготехнологическая установка. / А.М. Шувалов, А.Н. Машков. // Сельский механизатор. – 2010. – № 12. – С. 23.

13. Шувалов А.М. Минимизация мощности аппаратов многоцелевой энерготехнологической установки. / А.М. Шувалов, В.Ф. Калинин, К.А. Набатов, А.Н. Машков. // Техника в сельском хозяйстве. – 2011. – № 3. – С. 16-18.

14. Шувалов А.М. Расчет параметров энерготехнологического агрегата. / А.М. Шувалов, А.Н. Машков, А.Н. Зазуля, К.А. Набатов. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2011. – № 9. – С. 18-19.

15. Шувалов А.М. Содержание антипитательных факторов в семенах микронизированной полножирной сои. / А.М. Шувалов, Г.М. Шулаев, Н.А. Вотановская, Р.К. Милушев, Д.С. Чернов. // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. Труды 8-й Международной научно-технической конференции (16-17 мая 2012 года, г. Москва, ГНУ ВИЭСХ). В 5-ти частях. Часть 2. Энергосберегающие технологии в растениеводстве и мобильной энергетике. – М.: ГНУ ВИЭСХ. – 2012. – С. 59-62.

16. Калинин В.Ф. Электродный саморегулируемый водонагреватель. / В.Ф. Калинин, А.М. Шувалов, В.Ф. Гудухин, О.В. Терентьев. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2000. – №11. – С. 15.

17. Шувалов А.М. Влияние мощности ИК-облучения при микронизации полножирной сои Соер-5 на изменение тестовых показателей в ней. / А.М. Шувалов, Г.М. Шулаев, Н.А. Вотановская, Р.К. Милушев, Д.С. Чернов. // Наука в центральной России. – 2013. – №1. – С. 50-53.

18. Шувалов А.М. Установка для микронизации соевого зерна с применением комбинированного теплоэнергоподвода. / А.М. Шувалов, Г.М. Шулаев, Н.А. Вотановская, Р.К. Милушев, Д.С. Чернов. // Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции – новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства. Сборник научных докладов XVII Международной научно-практической конференции 24-25 сентября 2013 года, г. Тамбов. – Тамбов, 2013. – С. 232-236.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Шувалов Анатолий Михайлович *д-р тех. наук, профессор, зав. лабораторией альтернативных источников энергии взамен жидкого топлива. Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов Россельхозакадемии. Ново-Рубежный пер., 28, г. Тамбов, 392022,Россия.*

Зазуля Александр Николаевич *директор ГНУ ВНИИТиН, д-р тех. наук, профессор Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов Россельхозакадемии. Ново-Рубежный пер., 28, г. Тамбов, 392022, Россия.*

Шулаев Геннадий Михайлович *д-р с-х. нау., зав. лабораторией технологии производства свинины. Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов Россельхозакадемии. Ново-Рубежный пер., 28, г. Тамбов, 392022, Россия.*

Вотановская Нина Александровна *канд. биол. наук. Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов Россельхозакадемии. Ново-Рубежный пер., 28, г. Тамбов, 392022, Россия.*

Чернов Денис Серафимович *аспирант. Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов Россельхозакадемии. Ново-Рубежный пер., 28, г. Тамбов, 392022, Россия.*

РЕЦЕНЗЕНТ

Капустин Василий Петрович *д-р тех. наук, профессор кафедры «Агроинженерия» Тамбовского государственного технического университета, ул. Советская, 106. г. Тамбов, 392000, Россия.*

УДК 631.017.3:621.181

ШУВАЛОВ А.М., ЧЕРНОВ Д.С.

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ СОИ В ПРОЦЕССЕ МИКРОНИЗАЦИИ

Аннотация. *В статье приведены технические средства для транспортирования сои в процессе обработки. Описаны преимущества и недостатки технических средств.*

Ключевые слова: *соя, технические средства, транспортер.*

SHUVALOV A.M., CHERNOV D.S.

TECHNICAL MEANS OF TRANSPORTING SOYBEANS DURING MICRONIZATION

Abstract. *The article presents the technical means for transporting soybeans during processing. The advantages and disadvantages of technology.*

Keywords: *soybean, technical means, conveyor.*

При выполнении технологического процесса микронизации сои температура на несущей поверхности транспортера может достигать более 150-180 ^{0}С. Это исключает возможность применения широко распространенных в сельском хозяйстве ленточных транспортеров, выполненных на базе резинотканевого полотна, так как такое полотно при воздействии высоких температур быстро выйдет из строя. Шнековые транспортеры нельзя применить для транспортирования сои в процессе микронизации из-за ограниченного доступа инфракрасных лучей на поверхность сои. Скребковые транспортеры так же нельзя применить для транспортирования сои, так как в процессе транспортирования ее под инфракрасными лучами она должна поступать тонким (в одно зерно) и равномерным слоем. Эти требования не выполнимы скребковыми транспортерами.

Производственная компания «Старт» серийно выпускает установку типа УТЗ-4 для микронизации зерна. Транспортирующее устройство в ней выполнено на базе гибкой жаропрочной ленты, собранной из множества сочлененных между собой металлических пластин. [1]

Недостатком такого транспортера является сложность конструкции, большая металлоемкость, значительные затраты энергии приводом транспортера, отсутствие возможности подогрева зерна снизу.

Информационно-патентные исследования и производственный опыт эксплуатации технологических линий раздачи сухих кормов и переработки гречихи, оборудованных вибрационными транспортерами [2–7] показали, что для микронизации сои наиболее перспективным может быть вибрационный транспортер.

Основными достоинствами вибрационных транспортеров являются:

- простота конструкции;

- малая металлоемкость;
- возможность совмещения процесса транспортирования с подогревом, увлажнением, охлаждением зерна;
- высокая надежность;
- низкая энергоемкость.

По данным ВНИИПТМАШа энергоемкость шнековых транспортеров (0,08 кВт.ч./т) по сравнению с вибрационными (0,03 кВт.ч./т) в 2,7 раза больше, а по сравнению со скребковыми (0,05 кВт.ч./т) в 1,6 раза меньше. Примерно одинаковая энергоемкость ленточных и вибрационных транспортеров (0,01 кВт.ч./т) [2]. Однако, как отмечалось выше применить в технологической линии микронизации сои ленточные транспортеры нельзя. Наукой и практикой предложены различные варианты по конструктивному исполнению вибрационных транспортеров.

По режиму колебательных движений рабочего органа вибрационные транспортеры подразделяются на: резонансные, дорезонансные, послерезонансные. Рабочий орган вибрационного транспортера может двигаться по таким траекториям: круговая, прямолинейная, эллиптическая, горизонтальная и наклонная. Колебательные движения рабочего органа могут передаваться от приводов: эксцентриковых, инерционных, электромагнитных, пневматических и гидравлических.

Серийно изготавливаются вибрационные транспортеры (конвейеры) фирмой «Консит-А» (Россия) различных конструкций и различных типоразмерных рядов, набор которых позволяет исчерпывающе решать самые разнообразные транспортные задачи. [2] Для подачи материала на небольшие расстояния (до 5м) используются однотрубные дорезонансные вибрационные транспортеры типа КВ1Т-0,15, КВ1Т-0,3 и КВ1Т-0,4 мощностью электропривода соответственно 0,31; 0,75; 2 кВт, длиной 3.5м, 4.5м, 5.6м.

Вибрационные транспортеры типа КВ2Т мощностью от 3-5,5 до 11-18,5 кВт состоят из двух транспортирующих труб, связанных между собой упругими узлами и установленных на опорах. Машины такого типа основаны на принципе колебания в противофазе в резонансном режиме двух равных масс. В любой момент времени силы инерции масс уравновешены между собой как по величине, так и по направлению, а внутри системы происходит непрерывный обмен между кинетической энергией колеблющихся масс и потенциальной энергией упругих элементов. Благодаря этому на рабочие органы транспортеров и их приводов действуют небольшие нагрузки и не оказывают существенного динамического воздействия на фундамент. [3]

На базе вибрационных транспортеров разработано большое количество разнообразных технологических машин. Большинство из них использует свойства материала изменять под действием вибрации коэффициенты трения, что приводит к появлению так называемого виброкипящего слоя. При выбрации увеличивается воздухопроницаемость материала, улучшается отвод тепла от него, интенсифицируются массообменные процессы. [2]

Этот принцип может быть использован для охлаждения термически обработанной сои.

ГНУ ВНИИТиН разработан и внедрен в технологической линии по производству гречневой крупы вибрационный конвейер, включающий желоб, подвески различной длины, вибропобудитель с эксцентриком. Желоб снабжен штоками с регулируемыми тарелками, опирающимися на пружины. Новизна технического решения защищена патентом [4, 5].

Предлагается для транспортирования кормов на животноводческих фермах секционный качающийся транспортер, новизна технического решения защищена патентом [6].

Известен так же вибрационный конвейер, содержащий грузонесущий желоб, установленный на неподвижной раме с помощью плоских наклонных рессор, и вибропривод. Техническое решение так же защищено патентом [7].

Таким образом, вибрационные транспортеры (конвейеры) находят все большее применение для транспортирования сыпучих материалов в различных отраслях, в том числе и в сельском хозяйстве. Им нет альтернативы там, где в технологическом процессе транспортирования нельзя применить ленточные, шнековые, скребковые транспортеры.

ГНУ ВНИИТиН разработана [8–12] установка для термической обработки сои с комбинированным ее обогревом (обогрев снизу и сверху).

В зоне нагрева сои температура может достигать 150-180 ^{0}С и при таких температурных режимах транспортирование ее в зоне комбинированного нагрева возможно лишь вибрационным транспортером. Поэтому в схему экспериментальной установки с комбинированным нагревом сои включен вибрационный транспортер.

Вывод: на основе результатов информационно-патентных исследований установлено, что для транспортирования сои в процессе ее микронизации и нагреве до 150-180 ^{0}С перспективно применение вибрационных транспортеров.

Список литературы

1. http://pc-start.ucoz.ru/index/0-12.htm

2. Завражнов А.И.; Тишанинов К.Н. Устройство для разделения потока сыпучих материалов. Патент на изобретение RUS 2341954 26.12.2006.

3.http://consit-a.ru/en/stati/transport-vibratsionnyj/142-tekhnologicheski-chistyj/

4. Тишанинов Н.П, Амельянц А.Г, Ведищев С.М, Кропоткин О.Н. Вибрационный конвейер. Патент на изобретение RUS 2410316 20.09.2010.

5. Тишанинов Н.П., Ветров В.А., Анашкин А.В. Экспериментальные исследования рабочего процесса автоматического управления системой раздачи сухих кормов / Н.П. Тишанинов, В.А. Ветров, А.В. Анашкин // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. – 2011. – Том 22. – №3. – С. 80-85.

6. Шувалов А.М., Клейменов О.А., Зазуля А.Н., Калинин В.Ф., Мордасов М.М., Куликов Р.В. Пищеварочная линия. Патент на изобретение RUS 2181022 01.03.2000.

7. Сазонов С.Н. Первоочередные объекты производственной инфраструктуры в фермерских хозяйствах. / С.Н. Сазонов, Д.Д. Сазонова, О.Н. Попова. // Техника и оборудование для села. – 2006. – №12. – с. 14-16.

8. Шувалов А.М. Многофункциональная энерготехнологическая установка. / А.М. Шувалов, А.Н. Машков // Сельский механизатор. – 2010. – №11. – С. 12.

9. Шувалов А.М. Содержание антипитательных факторов в семенах микронизированной полножирной сои. / А.М. Шувалов, Г.М. Шулаев, Н.А. Вотановская, Р.К. Милушев, Д.С. Чернов. // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. Труды 8-й Международной научно-технической конференции (16-17 мая 2012 года, г. Москва, ГНУ ВИЭСХ). В 5-ти частях. Часть 2. Энергосберегающие технологии в растениеводстве и мобильной энергетике. – М.: ГНУ ВИЭСХ. – 2012. – С. 59-62.

10. Шувалов А.М.; Клейменов О.А.; Калинин В.Ф.; Гудухин В.Ф.; Терентьев О.В. Электродный нагреватель. Патент на изобретение RUS 2156410 23.02.1999.

11. Шувалов А.М. Влияние мощности ИК-облучения при микронизации полножирной сои Соер-5 на изменение тестовых показателей в ней. / А.М. Шувалов, Г.М. Шулаев, Н.А. Вотановская, Р.К. Милушев, Д.С. Чернов. // Наука в центральной России. – 2013. – №1. – С. 50-53.

12. Шувалов А.М. Установка для микронизации соевого зерна с применением комбинированного теплоэнергоподвода. / А.М. Шувалов, Г.М. Шулаев, Н.А. Вотановская, Р.К. Милушев, Д.С. Чернов. // Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции – новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства. Сборник научных докладов XVII Международной научно-практической конференции 24-25 сентября 2013 года, г. Тамбов. – 2013. – С. 232-236.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Шувалов Анатолий Михайлович *д-р тех. наук, профессор, зав. лабораторией альтернативных источников энергии взамен жидкого топлива. Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов Россельхозакадемии, Ново-Рубежный пер., 28, г. Тамбов, 392022, Россия.*

Чернов Денис Серафимович *аспирант. Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов Россельхозакадемии, Ново-Рубежный пер., 28, г. Тамбов, 392022, Россия.*

РЕЦЕНЗЕНТ

Капустин Василий Петрович *д-р. техн. наук., профессор кафедры «Агроинженерия» Тамбовского государственного технического университета. ул. Советская, 106. г. Тамбов, 392000, Россия.*

УДК 665.11

НАГОРНОВ С.А., МЕЩЕРЯКОВА Ю.В.

МЕТОДОЛОГИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ РЕАКЦИОННОЙ СМЕСИ В АППАРАТЕ ВИХРЕВОГО СЛОЯ

Аннотация. *Разработана методология математического моделирования движения несжимаемой ферромагнитной жидкости в реакционном объеме аппарата вихревого слоя. Принято, что реакционная смесь представляет собой единую непрерывную фазу, электромагнитные свойства которой всецело определяются свойствами ферромагнитных частиц, а вязкостно-плотностные характеристики — свойствами системы «масло-метанол», и характеризуется несжимаемостью потока.*

Ключевые слова: *аппарат вихревого слоя, вращающееся электромагнитное поле, ферромагнитные частицы.*

NAGORNOV S.A., MESHCHERYAKOVA Yu.V.

THE METHODOLOGY OF MATHEMATICAL MODELING OF REACTION MIXTURE IN THE VORTEX LAYER

Abstract. *The methodology of mathematical simulation of incompressible Ferrofluid in reactionary volume of vortex layer. The reaction mixture is a uniform continuous phase electro-magnetic properties which fully are determined by the properties of ferromagnetic particles, viscosity-plotnostnye characteristics-properties of oil-methanol, and HA-uncertainty in nesžimaemost'û flow.*

Keywords*: vortex layer apparatus, rotating electromagnetic field, ferromagnetic particles.*

Известно, что экономика России, прежде всего, обусловлена масштабами добычи, экспорта и внутреннего потребления не возобновляемых энергоносителей и в первую очередь нефти, легкодоступные запасы которой в России истощаются. Имеются четыре главных потребителя нефти – энергетика, транспорт, сельскохозяйственное производство и химическая промышленность. Уже через 25-30 лет в Европейских странах прогнозируется дефицит дизельного топлива до 2,5 млн. т в год. Стоимость добычи нефти, ее переработки [1] и хранения [2,3,4] в условиях требований экологов резко возрастет (по прогнозам не менее чем в 2-3 раза). В этой связи обеспечение потребностей отечественного внутреннего рынка собственным моторным топливом нефтяного происхождения становится весьма проблематичным [5,6]. Одна из ключевых задач развития экономики нашей страны заключается в снижении сильной зависимости вышеуказанных основных потребителей от нефти. Решение этой задачи непосредственно связано с поиском возобновляемых энергоносителей [7-18].

Методы и алгоритмы математического моделирования процессов и аппаратов комплексной переработки растительного сырья в биодизельное топливо находятся в настоящий момент в стадии интенсивного фундаментального, прикладного и методологического развития [19-21]. Научные успехи связаны, прежде всего, с существенным углублением физико-химических представлений о механизме процессов рафинации, переэтерификации и этерификации растительных масел и образования композитных биодизельных топлив, формализацией и компьютеризацией этих процессов. При этом следует отметить, что особенностью процессов комплексной переработки растительного сырья в биодизельное топливо является протекание их в многофазных системах, большой сложностью, обуславливаемой нелинейностью, большим числом переменных (параметров), определяющих течение процессов, внутренних связей между переменными и их взаимным влиянием. Кроме того, на эти процессы накладываются внешние случайные возмущения, которые традиционно как привило, не учитываются при расчете процессов и аппаратов. В результате объем перерабатываемой информации при моделировании таких процессов становится достаточно велик, для того чтобы использовать этот подход при решении большинства практических задач.

В то же время особенности современного развития производств и технологий получения биотоплива из растительного сырья диктует необходимость увеличения темпов производства, повышения качества конечного продукта, резкого увеличения единичной мощности аппаратов и поточных линий и их автоматизации. Достижение этих целей не возможно без комплексного совершенствования методов и алгоритмов математического моделирования, оптимизации и системного анализа процессов и аппаратов. Именно

решению первой части этой задачи посвящена данная работа, в которой разрабатываются методы и алгоритм математического моделирования биотехнологических процессов комплексной переработки растительного сырья в биодизельное топливо.

Сущность методологии математического (компьютерного) моделирования состоит в замене исходного объекта его «образом» – математической моделью и дальнейшем изучении модели с помощью реализуемых на компьютере вычислительно-логических алгоритмов. Этот метод познания, конструирования, проектирования сочетает в себе многие достоинства, как теории, так и эксперимента. Работа не с самим объектом, а с его моделью дает возможность относительно быстро и без существенных затрат исследовать его свойства и поведение в любых мыслимых ситуациях (преимущества теории). В то же время вычислительные (компьютерные, имитационные) эксперименты с моделями процессов позволяют, опираясь на мощь современных вычислительных методов и технических инструментов информатики, подробно и глубоко изучать процессы в достаточной полноте, недоступной чисто теоретическим методам (преимущества вычислительного эксперимента).

Сама постановка задачи о методике математического моделирования какого-либо объекта (процесса) порождает четкую структуру. Её условно можно разбить на три элемента: модель – алгоритм – программа. При этом первый представитель данной триады – модель является определяющим и обуславливающим успешность применения метода математического моделирования для решения конкретных прикладных задач. По сути, модель представляет собой «эквивалент» технологического процесса и аппарата, отражающий в математической форме важнейшие его свойства – законы, которым он подчиняется, связи, присущие составляющим его частям, и т.д. Математическая модель (или ее фрагменты) исследуется теоретическими методами, что позволяет получить важные предварительные знания об объекте. В общем случае математические модели могут быть классифицированы на три группы: экспериментальные модели; аналитические модели; комбинированные модели.

Выбор конкретного типа модели для того или иного процесса и аппарата осуществляется на основе анализа доступности исследования и описания данного объекта средствами теоретического и экспериментального исследования. Как правило, экспериментальные модели используются для объектов, для которых сравнительно легко может быть получен значительный объем экспериментальной информации, при этом анализ этой информации теоретическими методами в нужной полноте и точности либо весьма затруднителен или невозможен вовсе. Аналитические модели напротив предпочтительны для объектов натурный эксперимент, над которыми длителен, дорог, а зачастую опасен либо просто невозможен, так как многие из этих систем существуют в «единственном экземпляре». Комбинированные же модели представляют целостное описание объекта как с использованием данных экспериментальных, так и теоретических исследований.

Второй элемент триады «модель – алгоритм - программа» необходим для реализации модели на компьютере. Алгоритм позволяет представить модель в форме, удобной для применения численных методов и определяет последовательность вычислительных и логических операций, которые нужно произвести, чтобы найти искомые величины с заданной точностью. Одним из основных требований к алгоритмам является то, что они не должны искажать основные свойства модели и, следовательно, исходного технологического

процесса, быть экономичными и адаптирующимися к особенностям решаемых задач и используемых вычислительных средств.

Методология математического моделирования процессов комплексной переработки растительного сырья в биодизельное топливо во многом может быть развита из существующих методов математического моделирования, используемых в химической промышленности. Моделирование в химической и смежных с ней отраслей промышленности представляет собой сложный, многообразный и трудоемкий процесс, при осуществлении которого необходимо рассматривать совокупность целого ряда факторов, включающих в себя анализ единиц оборудования, транспортных феноменов, химических реакций, системы контроля и управления процессом, экономическую составляющую. Таким образом, в основе синтеза математического описания любого процесса лежат следующие стадии (рис. 1.): выбор потоковой диаграммы процесса (1); составление и расчет материальных и тепловых балансов (2); определение рабочих параметров оборудования (3); определение стоимости оборудования и материалов (4); проведение финансового анализа и анализа доходности (5); осуществление параметрической оптимизации (6); структурная оптимизация процесса (7).

При выборе схемы процесса используют следующие критерии: технико-экономические показатели исходного сырья и готовой продукции; наличие оборудования для промышленной реализации метода. Кроме того, выбор оптимального маршрута (потоковой диаграммы) осуществляется на основе списков известных реакций, либо на основе химических аналогий. На этой стадии задаются вид сырья и его ресурсы, получают оценки возможных количеств целевых продуктов, степень использования сырья. Знания кинетических характеристик здесь не требуются, нужны лишь оценки значений степеней превращения. С использованием схемы процесса составляются материальные и энергетические балансы стадий процесса позволяющие выяснить избытки тех или иных компонентов, которые, в конечном счете, либо будут присутствовать в качестве примесей в целевых продуктах, либо после их отделения образуют отходы производства или продукты для переработки в других производствах.

Результаты расчета материальных и тепловых балансов процесса являются исходными данными для определения основных технологических размеров оборудования и оценки его мощности с использованием известных математических моделей. На следующей стадии возможно определение предполагаемой стоимости оборудования и материалов. После чего, можно произвести предварительный расчет экономической эффективности метода (процесса) производства. В результате такого анализа выясняется целесообразность дальнейшей проработки данного метода производства целевых продуктов, и выбираются оптимальные маршруты его, для чего могут быть осуществлены процедуры параметрической и структурной оптимизации процесса.

Рисунок 1. – Обобщенная схема методологии математического моделирования процесса

Подобная методология математического моделирования может быть применена как к производству в целом, так и к отдельным технологическим элементам. В последнем случае задача значительно упрощается в виду декомпозиции одной большой задачи на несколько более мелких. Применительно к производству биодизельного топлива данная задача может быть сформулирована в виде постановки трех взаимосвязанных задач, включающих в себя:

- задачу математического моделирования процессов рафинации растительного масла;
- задачу математического моделирования процессов переэтерификации и этерификации растительных масел;
- задачу математического моделирования процессов получения смесевого биодизельного топлива.

Каждая из этих задача может быть решена с использованием своих уникальных методов и алгоритмов математического моделирования, однако все они должны оперировать глобальными переменными, позволяющими решить задачу в целом для всего производства.

Список литературы

1. Топливо и смазочные материалы: Учебное пособие / Остриков В.В., Нагорнов С.А., Гафуров И.Д. – Уфа: Изд-во Башкирского ГАУ, 2006. – 292 с.

2. Вигдорович В.И., Романцова С.В., Нагорнов С.А. Использование ряда соединений для ингибирования коррозии углеродистой стали в подтоварной воде нефтепродуктов // Вестник Тамбовского гос. ун-та. Сер.: Естественные и технические науки. 1999. Т. 4. Вып. 2. С. 180-181.

3. Вигдорович В.И., Романцова С.В., Нагорнов С.А. Стабилизация дизельного топлива в условиях длительного хранения // Вестник Тамбовск-го гос. ун-та. Сер.: Естественные и технические науки. 1999. Т. 4. Вып. 3. С. 312-315.

4. Вигдорович В.И., Романцова С.В., Нагорнов С.А. Ингибирование коррозии стали в

подтоварной воде при хранении нефтепродуктов // Вестник Тамбовск-го гос. ун-та. Сер.: Естественные и технические науки. 1999. Т. 4. Вып. 3. С. 316-319.

5. Эффективное использование нефтепродуктов в сельском хозяйстве /С.А. Нагорнов, С.В. Романцова, А.Н. Зазуля, И.Г. Голубев. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2006. – 192 с.

6. Повышение эффективности работы нефтехозяйств в АПК. Научное издание. / С.А. Нагорнов, А.Н. Зазуля, С.В. Романцова, И.Г. Голубев. - М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. - 168 с.

7. Получение биодизельного топлива: современные тенденции, проблемы и пути их решения / С.А. Нагорнов, С.И. Дворецкий, С.В. Романцова, К.С. Малахов, И.А. Рязанцева // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2009. –№ 10(24).– С. 55-60.

8. Получение биодизельного топлива из растительных масел / А.Н. Зазуля, С.А. Нагорнов, С.В. Романцова, К.С. Малахов // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – № 12. – С. 58-60.

9. Битопливо для дизелей / С.А. Нагорнов, А.А. Макушин, С.В. Романцова, О.В. Матвеев, А.П. Ликсутина, Р.В. Фокин //Автомобильная промышленность. 2006, №10, с. 34-36.

10. Биодизельные топлива из различных сырьевых ресурсов / В.А. Марков, С.Н. Девянин, С.А. Нагорнов, В.С. Акимов // Транспорт на альтернативном топливе. – 2011. – № 3 (21). – С. 25-31.

11. Марков В.А., Нагорнов С.А., Девянин С.Н. Использование смесей нефтяного дизельного топлива с растительными маслами и их эфирами в дизелях //Грузовик – 2011. – № 7. – С. 36-46.

12. Марков В.А., Нагорнов С.А., Девянин С.Н. Применение смесевых биотоплив на основе метиловых эфиров растительных масел в транспортных дизелях // Безопасность в техносфере.– 2011. – № 6 (ноябрь–декабрь). – С. 26-33.

13. Производство биодизельного топлива из органического сырья / С.И. Дворецкий, А.Н. Зазуля, С.А. Нагорнов, С.В. Романцова, И.А. Рязанцева // Вопросы современной науки и практики. Университет имени В.И. Вернадского. - 2012. - Специальный выпуск (39). - С. 126-135.

14. Технология получения биодизельного топлива с использованием гетерофазных катализаторов и СВЧ-нагрева / С.И. Дворецкий, С.А. Нагорнов, А.А. Ермаков, С.В. Неизвестная // Вопросы современной науки и практики. Университет имени В.И. Вернадского. - 2012. - Специальный выпуск (39). - С. 136-143.

15. Марков В.А., Нагорнов С.А., Девянин С.Н. Состав и теплота сгорания биотоплив, получаемых из растительных масел // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Естественные науки. 2012. № 2. С. 65-80.

16. Исследование кинетики процесса метанолиза при переработке растительного сырья в биотопливо / С.А. Нагорнов, С.В. Романцова, С.И. Дворецкий, В.П. Таров, И.А. Рязанцева, К.С. Малахов // Вестник ТГТУ. — 2009. — Т. 15. — № 3. — С. 572-580.

17. Рыжик – перспективная масличная культура для производства биодизельного топлива / В.А. Гаврилова, Н.Г. Конькова, С.А. Нагорнов, С.В. Романцова // Научно-практический журнал АГРО XXI. – 2013. - № 1-3. – С. 43-44.

18. Мещерякова Ю.В., Нагорнов С.А. Культивирование микроводоросли хлорелла с

целью получения биотоплива // Вопросы современной науки и практики. Университет имени В.И. Вернадского. - 2012. - Специальный выпуск (43). - С. 33-36.

19. Исследование фракционного состава биотоплив, полученных биоконверсией возобновляемого растительного сырья /С.И. Дворецкий, С.А. Нагорнов, С.В. Романцова, И.А. Рязанцева, В.П. Таров //Вопросы современной науки и практики. Университет имени В.И. Вернадского. - 2009. - № 6(20). - С. 83-94.

20. Моделирование процесса метанолиза растительных масел в аппарате вихревого слоя ферромагнитных частиц / С.А. Нагорнов, Д.С. Дворецкий, С.И. Дворецкий, А.А. Ермаков // Вестник Тамбовского ГТУ. – 2010.– Т. 16. – № 4. – С. 944-953.

21. Моделирование гидродинамики в реакторе с вихревым слоем ферромагнитных частиц при синтезе биотоплива / С.А. Нагорнов, Д.С. Дворецкий, С.И. Дворецкий, А.А. Ермаков // Вопросы современной науки и практики. Университет имени В.И. Вернадского. - 2010. - № 10(12). - С. 359-368.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Нагорнов Станислав Александрович*, доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии, Ново-Рубежный пер., 28, г. Тамбов, 392022, Россия.*

Мещерякова Юлия Владимировна*, аспирант ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов Россельхозакадемии, Ново-Рубежный пер., 28, г. Тамбов, 392022, Россия. E-mail: yulya-belova@yandex.ru*

РЕЦЕНЗЕНТ

Акулинин Евгений Игоревич*, к.т.н., доцент кафедры "Технологии продовольственных продуктов", начальник управления инновационной деятельности ФГБОУ ВПО "ТГТУ".*

УДК 665.11

НАГОРНОВ С.А., МЕЩЕРЯКОВА Ю.В.

СИНТЕЗ БИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ КИСЛОРОДСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ

Аннотация*. Проведен анализ способов получения биодизельного топлива из растительных масел. Показано, что использование гомогенных катализаторов позволяет провести реакцию метанолиза липидного сырья со спиртом в мягких условиях. Обоснован выбор типа катализатора. Определены основные параметры, влияющие на процесс получения биодизельного топлива путем метанолиза.*

Ключевые слова*: биодизельного топливо, синтез, катализатор, метанолиз.*

NAGORNOV S.A., MESHCHERYAKOVA Yu.V.

SYNTHESIS OF BIFUNCTIONAL OXYCHEMICALS

Abstract. *The analysis of methods of receipt of biodiesel fuel is conducted from vegetable butters. It is rotined, that the use of homogeneous catalysts allows to conduct reaction of methanolysis of fat raw material with an alcohol in soft terms. A typeselection catalyst is grounded. Basic parameters, influencing on the process of receipt of biodiesel fuel by a methanolysis, are certain.*

Keywords*: biodiesel fuel, synthesis, catalyst, methanolysis.*

Существуют два направления получения биодизельного топлива из растительных масел. Первое связано с их непосредственным использованием (без глубокой химической переработки) в качестве топлива или в смеси с нефтяным дизельным топливом. Достоинства и недостатки этого направления сегодня достаточно подробно изучены [1-18] как отечественными, так и зарубежными исследователями.

Второе направление получения биодизельного топлива из растительных масел непосредственно связано с процессами их глубокой переработки. Существующие методы получения метиловых эфиров растительных масел сводятся к использованию трех основных способов, различающихся природой катализаторов (поскольку каталитические реакции более эффективные, чем некаталитические): метанолиз триацилглицеринов растительных масел в присутствии гомогенного катализатора щелочного типа; метанолиз триацилглицеринов растительных масел в присутствии гомогенного катализатора кислотного типа; метанолиз триацилглицеринов растительных масел в присутствии гетерогенного катализатора.

В настоящее время практически всё биодизельное топливо получают с помощью метанолиза триацилглицеринов. Использование гомогенных катализаторов позволяет провести реакцию метанолиза липидного сырья (сложных эфиров глицерина и высших карбоновых кислот) со спиртом в мягких условиях. Частично по причине коррозионной безопасности, частично по кинетическим параметрам, наиболее предпочтительным из гомогенных систем является выбор щелочных катализаторов. Этот вид катализатора в настоящее время является самым распространенным. Наиболее важные параметры, влияющие на процесс получения биодизельного топлива путем метанолиза: температура реакции, молярное соотношение спирта и масла, концентрация катализатора, продолжительность реакции, присутствие влаги и свободных жирных кислот. Эти факторы находятся в стадии непрерывного изучения, накапливается статистика, ведётся анализ результатов полученных данных, но они пока далеки от нахождения оптимальных значений [7-14, 16-22]. При этом все исследования и промышленное получение биодизельного топлива в различных странах проводились в аппаратах емкостного типа, в которых перемешивание осуществлялось только за счет использования механических и гидродинамических мешалок.

Реакция метанолиза является одной из разновидностей реакции межмолекулярной переэтерификации и носит обратимый характер, а это значит, что в данном процессе невозможно достичь полного 100 %-го превращения. В конечной реакционной смеси всегда будут присутствовать непрореагировавшие моно-, ди- и триацилглицерины. Схему реакции метанолиза можно представить в общем виде:

Стадия 1.

Триацилглицерин + Метиловый спирт $\rightleftharpoons$ Диацилглицерин +

+ Метиловый эфир высшей алифатической кислоты

Стадия 2.

Диацилглицерин + Метиловый спирт $\rightleftharpoons$ Моноацилглицерин +

+ Метиловый эфир высшей алифатической кислоты

Стадия 3.

Моноацилглицерин + Метиловый спирт $\rightleftharpoons$ Глицерин +

+ Метиловый эфир высшей алифатической кислоты

Особенностью проведения реакции метанолиза является то, что исходные реагенты масло и метанол не смешиваются. Как показали наши исследования, совокупность молекул спирта, сформированных в капельки, диспергирована в масле и представляет собой эмульсию. Метанолиз при этом, вероятно, происходит на поверхности спиртовых капелек, эмульгированных в масле. То есть имеет место обычная гетерофазная жидкостная реакция [20-26]. По мере того, как в ходе реакции образуются метиловые эфиры высших карбоновых кислот, они диффундируют в фазу метанола.

Таким образом, при получении биодизельного топлива на начальном этапе (при концентрации метиловых эфиров ниже 70 %) реакция метанолиза является по существу гетерогенной с ограниченной массопередачей, поэтому механическое перемешивание оказывается в большинстве случаев малоэффективным. Выше этой концентрации эфиров смесь компонентов реакции формирует единственную фазу [22].

Исследуемый способ синтеза метиловых эфиров высших алифатических кислот предполагает комплексное воздействие на реакционную массу электромагнитного поля. При этом возможно достижение высоких выходов продукта реакции при меньшем мольном соотношении «триацилглицерины-метанол», а так же резкое сокращение времени реакции.

При наложении вращающегося электромагнитного поля в присутствии ферромагнитных частиц можно использовать исходные соединения разной степени очистки. Это становится, возможно, в виду того, что за короткое время реакции (порядка нескольких секунд) такие побочные процессы как омыление и гидролиз просто не успевают происходить. Кроме того, воздействие электромагнитного поля увеличивается скорость реакции этерификации (взаимодействия свободных жирных кислот с метанолом с образованием целевых продуктов – сложных метиловых эфиров карбоновых кислот). В основном это достигается за счет того, что применение вихревого слоя ферромагнитных частиц обеспечивает чрезвычайно эффективное перемешивание за счёт турбулизации потока, какое не может создать ни одна механическая мешалка. Кроме того, в рабочей камере индуктора возникают акустические волны, кавитация, которые также приводят к интенсификации массообменых процессов. Уровень механического и акустического воздействия на эфиры определяется при этом параметрами налагаемого на реакционную массу вращающегося электромагнитного поля и степенью заполнения реактора ферромагнитными частицами, образующими вихревой слой. В какие-то моменты ферромагнитные частицы случайно соприкасаются между собой с образованием замкнутой электрической цепи, в которой под воздействием вращающегося электромагнитного поля индуцируются сильные токи, инициирующие микродуги. Выделяющееся при этом тепло способствует дополнительной активации процессов и прямому переносу вещества (диффузии).

Известно [14], что эффективность аппаратов с вращающимся электромагнитным полем складывается из целого ряда факторов, одновременно оказывающих воздействие на обрабатываемую жидкость. Так присутствие в реакционной массе ферромагнитных частиц, интенсивно движущихся во вращающемся электромагнитном поле, приводит к увеличению дисперсности эмульсии и, как следствие, к увеличению площади соприкосновения спиртовой и липидной фаз. Кроме того, при интенсификации перемешивания под действием сил трения уменьшается толщина диффузного слоя, что приводит к увеличению численных значений коэффициента диффузии. Это подтверждают

опыты с уменьшенной загрузкой ферромагнитных частиц [13]. Кроме того, эффективное перемешивание в комплексе с акустическими волнами, силовыми импульсами, возникающими при магнитострикции, приводит к изменению параметров массопередачи, воздействие электромагнитного поля – к изменению энергии исходных соединений и скорости химической реакции. При этом уровень механического и акустического воздействия на эфиры определяется параметрами налагаемого на реакционную массу вращающегося электромагнитного поля и степенью заполнения реактора ферромагнитными частицами, образующими вихревой слой.

Все вышеперечисленные факторы (формирующие интегральный технологический эффект) обусловливают наличие в таких аппаратах еще не известных явлений, которые способствуют резкой интенсификации химико-диффузионных процессов и повышению их эффективности. Однако общепризнанной теории аппаратов с вращающимся электромагнитным полем до сих пор не существует, а сведений о практическом применении таких аппаратов для обработки органических соединений с целью получения из них топлива в доступной научно-технической литературе отсутствует. Этот факт вызывает существенные затруднения, как для их практического использования, так и математического описания.

Все это ставит перед нами сложную теоретическую и прикладную задачу, решение которой возможно только посредством применения блочного принципа в построение математической модели. Реализация данного принципа предполагает разделения математической модели на ряд узкоспециализированных блоков, в каждом из которых решается только определенная часть задачи. Применение данного подхода при построении математической модели накладывает жесткие условия на универсальность и глобальность выходных переменных каждого блока, т.к. выходные переменные одного блока являются входными для другого.

Структура разрабатываемой математической модели представлена на рис. 1. При построении математической модели рассматривались:

входные переменные:

1) напряженность магнитного поля (B , Тл);

2) сила тока (I_0 , А);

3) частота тока питания (Hz, Гц);

4) концентрации $C_{Спирт}$, $C_{МеОН}$, $C_{ТАГ}$ (моль/л);

5) объемная доля ферромагнитных частиц в объеме аппарата (ε_{Fe});

6) отношение l/d ферромагнитных частиц (k).

выходные переменные:

концентрации $C_{Спирт}$, $C_{МеОН}$, $C_{ТАГ}$, $C_{ДАГ}$, $C_{МАГ}$, $C_{МЭ}$, $C_{Глицерин}$ (моль/л).

Математическое описание процесса синтеза бифункциональных кислородсодержащих соединений в аппарате вихревого слоя состоит из описания совокупности гидродинамических, электромагнитных и химических процессов в объеме аппарата вихревого слоя.

Для вывода уравнения движения реакционной среды в объеме аппарата нами используется следующее допущение. Принимаем, что реакционная смесь представляет собой единую непрерывную фазу, электромагнитные свойства которой всецело определяются

свойствами ферромагнитных частиц, а вязкостно-плотностные характеристики свойствами системы «масло-метанол» и характеризуются несжимаемостью потока.

Рисунок 1. – Структурная схема математической модели

В этом случае базовым уравнением движения такой фазы в кондукторе вихревого аппарата является уравнение движения вязкой жидкости (уравнение Навье-Стокса). В векторной форме это уравнение имеет вид

$$\frac{dv}{dt} = F - \frac{1}{\rho} grad(p) + \upsilon \Delta v + \left(\frac{\xi}{\rho} + \frac{\upsilon}{3} \right) grad\ div(v), \qquad (1)$$

где $\rho = f(T, C_i)$ - плотность реакционной смеси; $\upsilon = \frac{\eta}{\rho}$ - кинематическая вязкость смеси; ξ - коэффициент второй вязкости, подобно динамической (первой) вязкости η, является положительной величиной и зависит от химической природы сжимаемой жидкости и температуры. Если первая вязкость проявляется при деформации чистого сдвига, то вторая - при деформации всестороннего сжатия, сопровождающейся изменением плотности жидкости. В виду принятого допущения о несжимаемости рассматриваемой жидкости $div(v) = 0$ и уравнение (1) принимает вид

$$\frac{dv}{dt} = F - \frac{1}{\rho} grad(p) + \upsilon \Delta v, \qquad (2)$$

где $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$ - оператор Лапласа.

Переходя к проекциям на координатные оси двухмерного декартового пространства, получаем систему уравнений

$$\left. \begin{aligned} \frac{dv_x}{dt} &= F_x - \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} + \upsilon \left(\frac{\partial^2 v_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2} \right) \\ \frac{dv_y}{dt} &= F_y - \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y} + \upsilon \left(\frac{\partial^2 v_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_y}{\partial y^2} \right) \end{aligned} \right\}. \qquad (3)$$

В данное уравнение входит потенциальное поле силы F. В случае аппарата вихревого слоя данное поле силы представляется в виде воздействия со стороны электромагнитного поля.

Любое электромагнитное поле характеризуется вектором напряженности электрического поля *E* и вектором магнитной индукции *B*. В этом случае отдельную частицу реакционной среды с зарядом e_k, движущуюся со скоростью v, в электромагнитном поле *E*, *B* действует сила, равная

$$f_к = e_k(E + vB), \tag{4}$$

Для вычисления силы F, которая действует на единицу объема рассматриваемой реакционной смеси в присутствии электромагнитной силы, суммируются силы, действующие на одну частицу, по всем частицам, находящимся в элементе физического объема dV. В результате электромагнитная сила, действующая на единицу объема сплошной среды, может быть записана в виде

$$F = r_e E + jB, \tag{5}$$

здесь r_e – плотность заряда; j – вектор плотности электрического тока. Для феноменологического вывода уравнения магнитной гидродинамики (модифицированного уравнения Навье-Стокса) можно воспользоваться законами сохранения массы, импульса и энергии в интегральном виде, как для разрывных, так и для непрерывных функций, как это обычно делается в гидроаэромеханике. При этом для массовой силы обычно выполняется неравенство $|r_e E| << |jB|$, поскольку плотность электрического заряда в силу квазинейтральности очень мала. Таким образом, в магнитной гидродинамике часть силы, связанная с электрическим полем, очень мала и ею можно пренебречь. Отличие состоит только в том, что в закон сохранения импульса необходимо добавить массовую силу электромагнитного происхождения. Известно, что в электропроводных жидкостях или газах токи смещения очень малы. В этом случае для формирования замкнутой системой уравнений для векторов *E* и *B* необходимо связать с ними плотность тока *j*. Как известно из электротехники, в неподвижных проводниках имеет место закон Ома

$$j = \frac{1}{r} E = \gamma E, \tag{6}$$

где γ - удельная проводимость реакционной среды.

Отсюда уравнения гидроферромеханики для электропроводящей реакционной смеси в виде закона сохранения импульса в дифференциальной форме для двумерного пространства принимает вид

$$\left.\begin{aligned} \frac{dv_x}{dt} &= -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} + \upsilon\left(\frac{\partial^2 v_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2}\right) + j_x B_x \\ \frac{dv_y}{dt} &= -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y} + \upsilon\left(\frac{\partial^2 v_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_y}{\partial y^2}\right) + j_y B_y \end{aligned}\right\}, \tag{7}$$

где последний член справа представляет собой массовую силу, связанную с протеканием электрического тока через проводящую среду.

Предполагая, что проводимость реакционной среды определяется всецело проводимостью только ферромагнитных частиц можно записать

$$\gamma = \frac{1}{\beta}\gamma_м, \tag{8}$$

где β - коэффициент, учитывающий уменьшение проводимости в виду наличия непроводящей среды, данный коэффициент может быть получен из предположения о хаотическом расположении ферромагнитных частиц в пространстве в соответствии с уравнением вида

$$\beta = 1 - \left(\frac{1}{2}\right)\ln(\varepsilon_м), \tag{9}$$

где $\varepsilon_м$ - относительный объем ферромагнитных проводящих частиц в реакционной смеси. Уравнение (9) справедливо для частиц сферической формы, для частиц в виде цилиндров с отношением $l/d = k$ его можно свести к виду

$$\beta = 1 - \left(\frac{1}{2k}\right)\ln(\varepsilon_м). \tag{10}$$

Влияние параметра k на коэффициент β иллюстрирует рисунок 2.

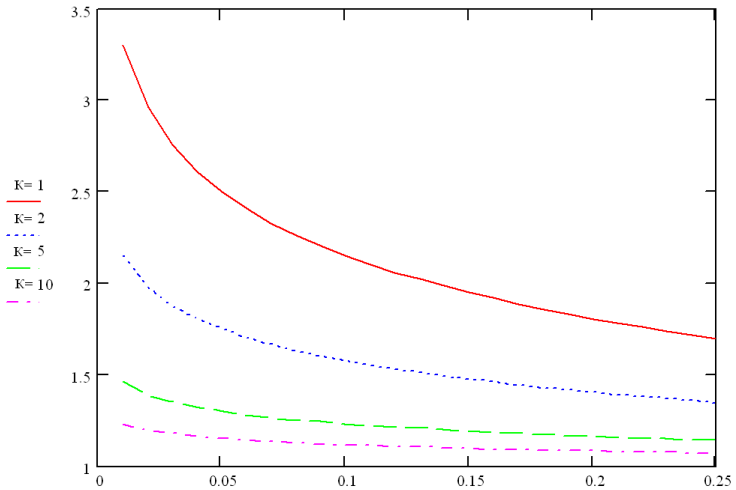


Рисунок 2. – Влияние отношения l к d ферромагнитной частицы на коэффициент β.

Таким образом, уравнение для плотности тока может быть записано в виде

$$j = \frac{\gamma_м}{1 - \left(\frac{1}{2k}\right)\ln(\varepsilon_м)} E = \frac{1}{\left(1 - \left(\frac{1}{2k}\right)\ln(\varepsilon_м)\right) r_м} E, \tag{11}$$

где $r_м$ - удельное электрическое сопротивление материала ферромагнитных частиц.

С учетом уравнения (11) система (7) примет вид

$$\left.\begin{aligned} \frac{dv_x}{dt} &= -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} + \upsilon\left(\frac{\partial^2 v_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2}\right) + \frac{\gamma_м}{\left(1 - \left(\frac{1}{2k}\right)\ln(\varepsilon_м)\right)} E_x B_x \\ \frac{dv_y}{dt} &= -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y} + \upsilon\left(\frac{\partial^2 v_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_y}{\partial y^2}\right) + \frac{\gamma_м}{\left(1 - \left(\frac{1}{2k}\right)\ln(\varepsilon_м)\right)} E_y B_y \end{aligned}\right\}. \tag{12}$$

Данное уравнение позволяет найти величины ρ, v, p при известных величинах электромагнитного поля *E* и *B*.

Входящая в систему (12) кинематическая вязкость смеси может быть рассчитана исходя из аддитивности свойств отдельных компонентов реакционной смеси по уравнению

$$\upsilon_{см} = \sum \upsilon_i C_i = \sum \frac{\eta_i}{\rho_i} C_i \qquad (13)$$

где C_i - массовая доля i - го компонента реакционной смеси; η_i - динамическая вязкость i - го компонента реакционной смеси; ρ_i - плотность i - го компонента реакционной смеси. Динамическая вязкость i -го компонента реакционной смеси может рассчитана по методу Ван-Вельцена, Кардозо и Лангенкампа, с учетом влияния химической структуры компонента по уравнению вида

$$\lg(\eta) = B\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right), \qquad (14)$$

где $T-$ температура среды; B и T_0 - параметры, связанные с химической структурой компонента смеси, и определяются исходя из эквивалентной длины цепи N^*

$$N^* = N + \sum \Delta N_{ij}\ , \qquad (15)$$

где N - действительное число атомов углерода в молекуле i -го компонента реакционной смеси; ΔN_{ij} - $j-$ая структурная функциональная составляющая молекулы i - го компонента.

Значения плотностей компонентов реакционной смеси не могут быть определены расчетным путем, поэтому данные величины могут быть заимствованы из экспериментальных данных по определению плотностей денсиметрическим методом.

Таким образом, уравнения (12)–(15) представляют собой модель движения несжимаемой ферромагнитной жидкости в реакционном объеме аппарата вихревого слоя. Однако данная система уравнений не может быть решена без решения системы уравнений описывающих электромагнитное поле вихревого аппарата, так как электромагнитные параметры движущейся реакционной смеси и электромагнитного поля аппарата взаимосвязаны. Эти материалы будут изложены в следующих работах.

Список литературы

1. Топливо и смазочные материалы: Учебное пособие / Остриков В.В., Нагорнов С.А., Гафуров И.Д. – Уфа: Изд-во Башкирского ГАУ, 2006. – 292 с.

2. Вигдорович В.И., Романцова С.В., Нагорнов С.А. Использование ряда соединений для ингибирования коррозии углеродистой стали в подтоварной воде нефтепродуктов // Вестник Тамбовск-го гос. ун-та. Сер.: Естественные и технические науки. 1999. Т. 4. Вып. 2. С. 180-181.

3. Вигдорович В.И., Романцова С.В., Нагорнов С.А. Стабилизация дизельного топлива в условиях длительного хранения // Вестник Тамбовск-го гос. ун-та. Сер.: Естественные и технические науки. 1999. Т. 4. Вып. 3. С. 312-315.

4. Вигдорович В.И., Романцова С.В., Нагорнов С.А. Ингибирование коррозии стали в подтоварной воде при хранении нефтепродуктов // Вестник Тамбовск-го гос. ун-та. Сер.:

Естественные и технические науки. 1999. Т. 4. Вып. 3. С. 316-319.

5. Эффективное использование нефтепродуктов в сельском хозяйстве /С.А. Нагорнов, С.В. Романцова, А.Н. Зазуля, И.Г. Голубев. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2006. – 192 с.

6. Повышение эффективности работы нефтехозяйств в АПК. Научное издание. / С.А. Нагорнов, А.Н. Зазуля, С.В. Романцова, И.Г. Голубев. - М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. - 168 с.

7. Получение биодизельного топлива: современные тенденции, проблемы и пути их решения / С.А. Нагорнов, С.И. Дворецкий, С.В. Романцова, К.С. Малахов, И.А. Рязанцева // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2009. –№ 10(24).– С. 55-60.

8. Получение биодизельного топлива из растительных масел / А.Н. Зазуля, С.А. Нагорнов, С.В. Романцова, К.С. Малахов // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – № 12. – С. 58-60.

9. Битопливо для дизелей / С.А. Нагорнов, А.А. Макушин, С.В. Романцова, О.В. Матвеев, А.П. Ликсутина, Р.В. Фокин //Автомобильная промышленность. 2006, №10, с. 34-36.

10. Биодизельные топлива из различных сырьевых ресурсов / В.А. Марков, С.Н. Девянин, С.А. Нагорнов, В.С. Акимов // Транспорт на альтернативном топливе. – 2011. – № 3 (21). – С. 25-31.

11. Марков В.А., Нагорнов С.А., Девянин С.Н. Использование смесей нефтяного дизельного топлива с растительными маслами и их эфирами в дизелях //Грузовик – 2011. – № 7. – С. 36-46.

12. Марков В.А., Нагорнов С.А., Девянин С.Н. Применение смесевых биотоплив на основе метиловых эфиров растительных масел в транспортных дизелях // Безопасность в техносфере.– 2011. – № 6 (ноябрь–декабрь). – С. 26-33.

13. Производство биодизельного топлива из органического сырья / С.И. Дворецкий, А.Н. Зазуля, С.А. Нагорнов, С.В. Романцова, И.А. Рязанцева // Вопросы современной науки и практики. Университет имени В.И. Вернадского. - 2012. - Специальный выпуск (39). - С. 126-135.

14. Технология получения биодизельного топлива с использованием гетерофазных катализаторов и СВЧ-нагрева / С.И. Дворецкий, С.А. Нагорнов, А.А. Ермаков, С.В. Неизвестная // Вопросы современной науки и практики. Университет имени В.И. Вернадского. - 2012. - Специальный выпуск (39). - С. 136-143.

15. Марков В.А., Нагорнов С.А., Девянин С.Н. Состав и теплота сгорания биотоплив, получаемых из растительных масел // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Естественные науки. 2012. № 2. С. 65-80.

16.Исследование кинетики процесса метанолиза при переработке растительного сырья в биотопливо / С.А. Нагорнов, С.В. Романцова, С.И. Дворецкий, В.П. Таров, И.А. Рязанцева, К.С. Малахов // Вестник ТГТУ. — 2009. — Т. 15. — № 3. — С. 572-580.

17. Рыжик – перспективная масличная культура для производства биодизельного топлива / В.А. Гаврилова, Н.Г. Конькова, С.А. Нагорнов, С.В. Романцова // Научно-практический журнал АГРО XXI. – 2013. - № 1-3. – С. 43-44.

18. Мещерякова Ю.В., Нагорнов С.А. Культивирование микроводоросли хлорелла с целью получения биотоплива // Вопросы современной науки и практики. Университет имени

В.И. Вернадского. - 2012. - Специальный выпуск (43). - С. 33-36.

19. Исследование фракционного состава биотоплив, полученныхбиоконверсией возобновляемого растительного сырья /С.И. Дворецкий, С.А. Нагорнов, С.В. Романцова, И.А. Рязанцева, В.П. Таров //Вопросы современной науки и практики. Университет имени В.И. Вернадского. - 2009. - № 6(20). - С. 83-94.

20. Моделирование процесса метанолиза растительных масел в аппарате вихревого слоя ферромагнитных частиц / С.А. Нагорнов, Д.С. Дворецкий, С.И. Дворецкий, А.А. Ермаков // Вестник Тамбовского ГТУ. – 2010.– Т. 16. – № 4. – С. 944-953.

21. Моделирование гидродинамики в реакторе с вихревым слоем ферромагнитных частиц при синтезе биотоплива / С.А. Нагорнов, Д.С. Дворецкий, С.И. Дворецкий, А.А. Ермаков // Вопросы современной науки и практики. Университет имени В.И. Вернадского. - 2010. - № 10(12). - С. 359-368.

22. Нагорнов С.А., Романцова С.В. Эфирная композиция для улучшения свойств дизельного топлива // Наука в центральной России. – 2013 - № 2. – С. 35-43

23. Нагорнов С.А., Романцова С.В. Организация хранения современных топлив на сельскохозяйственных нефтескладах // Наука в центральной России. – 2013 - № 2. – С. 43-49

24. Нагорнов С.А., Романцова С.В. Предотвращение качественно-количественных потерь топлив при хранении // Наука в центральной России. – 2013 - № 2. – С. 35-43

25. Оптимизация состава многокомпонентных биотоплив для дизелей сельскохозяйственных машин / Марков В.А., Девянин С.Н., Нагорнов С.А., Быковская Л.И. // Наука в центральной России. – 2013 - № 3. – С. 36-53.

26. Оценка экологической безопасности силовых установок с автотракторными двигателями / Марков В.А., Девянин С.Н., Нагорнов С.А., Маркова В.В. // Наука в центральной России. – 2013 - № 3. – С. 53-72.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Нагорнов Станислав Александрович*, доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией ГНУ ВНИИТиНРоссельхозакадемии, Ново-Рубежный пер., 28, г. Тамбов, 392022, Россия.*

Мещерякова Юлия Владимировна*, аспирант ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов Россельхозакадемии, Ново-Рубежный пер., 28, г. Тамбов, 392022, Россия. E-mail: yulya-belova@yandex.ru*

РЕЦЕНЗЕНТ

Акулинин Евгений Игоревич*, к.т.н., доцент кафедры "Технологии продовольственных продуктов", начальник управления инновационной деятельности ФГБОУ ВПО "ТГТУ".*

Отпечатано ООО «Максимал информационные технологии»
398017, г. Липецк, ул. Крупской, 4
Email: naukacr@yandex.ru. Тел. +7 (920) 246-20-64:
Подписано в печать 14.02.2014 Заказ № 60513-01
Формат 60x84/8. Бумага офсетная. Печать электрографическая.
Гарнитура Times. Объем – 7,5 усл. печ. л. Тираж 100 экз.