«НАУКА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ» «SCIENCE IN THE CENTRAL RUSSIA»
Научно-производственный периодический журнал The research-and-production periodic magazine
Включен в международную базу данных Agris
№4 (16), 2015 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
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЕРИОДИЧЕСКОГО ЖУРНАЛА
«НАУКА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ»

ЗАЗУЛЯ Александр Николаевич — главный редактор, д-р техн. наук, профессор, директор ФГБНУ ВНИИТиН

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

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

ГОРБАЧЕВ Иван Васильевич — член-корреспондент РАН, д-р техн. наук, профессор

ЕРОХИН Михаил Никитьевич — академик РАН, заслуженный деятель науки РФ, д-р техн. наук, профессор, лауреат премии Правительства РФ

ЖАЛНИН Эдуард Викторович — д-р техн. наук, профессор, лауреат Государственной премии РФ в области науки и техники, ФГБНУ ВИМ

ЗАВРАЖНОВ Анатолий Иванович — академик РАН, д-р техн. наук, профессор, 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, ФГБНУ ГОСНИТИ

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, ФГБОУ ВПО ТГТУ

ПОПОВ Владимир Дмитриевич — академик РАН, 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 ФГБНУ «ИАЭП»

СТРЕБКОВ Дмитрий Семенович — академик РАН, д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заместитель председателя Российского комитета по использованию возобновляемых источников энергии, председатель рабочей группы Европейского бюро ЮНЕСКО по образованию в области солнечной энергии, директор ФГБНУ ВИЭСХ

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

REZA Ambrishambaf — vice Rector of Eastern Mediterranean University, PhD, Centro Algoritmi University of Minho Campus of Azurem. Portugal

MAJID Hashemipour — 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», 2015

«НАУКА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ» «SCIENCE IN THE CENTRAL RUSSIA»
Научно-производственный периодический журнал The research-and-production periodic magazine
№4 (16), 2015 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 ВНИИТиНРоссельхозакадемии)

ЭКСПЕРТНЫЙ СОВЕТ
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЕРИОДИЧЕСКОГО ЖУРНАЛА
«НАУКА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ»

Процессы и машины агроинженерных систем, агропромышленные инновационные технологии в животноводстве и растениеводстве, эффективное использование отечественной и зарубежной сельскохозяйственной техники

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

ШУВАЛОВ Анатолий Михайлович — д-р техн. наук, профессор, зав. лабораторией использования

ПЕТРАШЕВ Александр Иванович — д-р техн. наук, зав. лабораторией организации хранения и защиты техники от коррозии ФГБНУ ВНИИТиН

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

Технология продовольственных продуктов

ТИШАНИНОВ Николай Петрович — д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории управления качеством технологических процессов в сельском хозяйстве ФГБНУ ВНИИТиН

ДОРОВСКИХ Владимир Иванович – к-т техн. наук, зав. лабораторией управления качеством

Агрономия

ТРУНОВ Юрий Викторович – д.с.-х.н., профессор, Всероссийский институт садоводства им. И.В. Мичурина

САВЕЛЬЕВ Николай Иванович – д.с.-. х.н., профессор, академик РАН

Ветеринария и Зоотехния

ЭНГОВАТОВ Василий Федорович – д.с.-х.н., главный научный сотрудник лаборатории технологии производства свинины ФГБНУ ВНИИТиН

КУРГУЗКИН Владимир Николаевич — д-р с.-х. наук, главный научный сотрудник лаборатории технологии производства молока и говядины ФГБНУ ВНИИТиН

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

Экономика и управление народным хозяйством (АПК и сельское хозяйство)

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

СОЛОПОВ Владимир Алексеевич— д-р эконом. наук, профессор, проректор по научной и инновационной работеФГБОУ ВПО МичГАУ

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», 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

ДОРОВСКИХ В.И., ДОРОВСКИХ Д.В.
ИСТЕЧЕНИЕ ЖИДКОСТИ ИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЕМКОСТЕЙ ДОИЛЬНЫХ УСТАНОВОК ПУТЕМ ВПУСКА В НИХ ОГРАНИЧЕННОГО КОЛИЧЕСТВА ВОЗДУХА ... 5
DOROVSKIH V.I., DOROVSKIH D.V.
LIQUID OUTFLOW FROM PROCESS TANKS OF MILKING MACHINES BY LETTING INTO THEM OF THE LIMITED AMOUNT OF AIR ... 5
ДОРОВСКИХ В.И., ДОРОВСКИХ Д.В., АТКЕШОВ О.А.
К ВОПРСУ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ОТСАСЫВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ДОИЛЬНЫХ АППАРАТОВ ... 10
DOROVSKIH V.I., DOROVSKIH D.V., ATKESHOV O.A.
TO VOPROSU QUANTITATIVE EVALUATION OF SUCTION ABILITY MILKING MACHINES ... 11
КНЯЗЕВА Л.Г., ПРОХОРЕНКОВ В.Д., ГУБАШЕВА А.М.
НЕКОТОРЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МЕЖСЕЗОННОГО ХРАНЕНИЯ АГРАРНОЙ ТЕХНИКИ ... 18
KNYASEVA L.G., PROCHORENKOV V.D., GUBASHEVA A.M.
SOME ENVIRONMENTAL ASPECTS OF INTERSEASONAL STORAGE OF AGRICULTURAL MACHINERY ... 19
КОВАЛЕНКО В.П., УЛЮКИНА Е.А.
РАЗДЕЛЕНИЕ ПРОДУКТОВ ЗАЧИСТКИ СКЛАДСКИХ РЕЗЕРВУАРОВ И ТРАНСПОРТНЫХ ЦИСТЕРН ДЛЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ С ПОМОЩЬЮ ДИНАМИЧЕСКОГО БАКА-ОТСТОЙНИКА ... 32
KOVALENCKO V.P., ULYUKINA E.A.
SEPARATION OF THE PRODUCTS STRIPPING SEPARATION OF THE PRODUCTS STRIPPING STORAGE VESSELS AND TANKS FOR THE TRANSPORT OF OIL WITH THE HELP OF THE DYNAMIC SUMP TANK ... 33
КУРГУЗКИН В.Н., ФИЛИППОВА О.Б., САРАНЧИНА Е.Ф.
О НЕКОТОРЫХ ФАКТОРАХ, ПРОДЛЕВАЮЩИХ ПРОДУКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОРОВ ... 41
KURGUZKIN V.N., FILIPPOVA O.B., SARANCHINA E.F.
ON SOME OF THE FACTORS TO PROLONG THE PRODUCTIVE USE OF COWS ... 42
ОСТРИКОВ В.В., ПОПОВ С.Ю., САФОНОВ В.В., БАЛАБАНОВ В.И.
МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ СМАЗОЧНАЯ КОМПОЗИЦИЯ ... 49
OSTRIKOV V.V., POPOV S.YU., SAFONOV V.V., BALABANOV V.I.
MULTI REPAIR AND RESTORATION LUBRICANT COMPOSITION ... 50
МАРТЫНОВА Н.К., УЛЮКИНА Е.А.
ОЧИСТКА ВОДЫ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ В ЭНЕРГЕТИКЕ ... 56
MARTYNOVA N.K., ULYUKINA E.A.
WATER TREATMENT ELECTROCHEMICAL METHODS IN POWER ... 57
ЗАЗУЛЯ А.Н., МЕЩЕРЯКОВА Ю.В., НАГОРНОВ С.А., ЕРОХИН И.В.
ПОЛУЧЕНИЕ И ИСПЫТАНИЕ СМЕСЕВОГО ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА ... 62
ZAZULYA A.N., MESHCHERYAKOVA Y.V., NAGORNOVS.A., EROKHIN I.V.
RECEIVE AND TEST SPOT DIESEL FUEL ... 63

ЗАЗУЛЯ А.Н., МЕЩЕРЯКОВА Ю.В., НАГОРНОВ С.А., ЕРОХИН И.В.
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РОСТА МИКРОВОДОРОСЛИ ХЛОРЕЛЛА В ТРУБЧАТОМ ФОТОБИОРЕАКТОРЕ 69
ZAZULYA A.N., MESHCHERYAKOVA Y.V., NAGORNOVS.A., EROKHIN I.V.
EXPERIMENTAL STUDY CHLORELLA MICROALGAE CULTIVATION IN A TUBULAR PHOTOBIOREACTOR 70
ВОРОБЬЕВ Ю.В., НАГОРНОВ С.А., ЛЕВИНА Е. Ю., ЛЕВИН М. Ю.
БЕЛОЕ ТОПЛИВО ДЛЯ ДВИГАТЕЛЯ 76
VOROB'EV YU.V., NAGORNOV S.A., LEVINA E. YU., LEVIN M.YU.
WHITE FUEL FOR ENGINE 77

УДК 637.116.2:636.2

ДОРОВСКИХ В.И., ДОРОВСКИХ Д.В.

ИСТЕЧЕНИЕ ЖИДКОСТИ ИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЕМКОСТЕЙ ДОИЛЬНЫХ УСТАНОВОК ПУТЕМ ВПУСКА В НИХ ОГРАНИЧЕННОГО КОЛИЧЕСТВА ВОЗДУХА

Доровских Владимир Иванович
кандидат технических наук, доцент,
ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»E-mail: dorovskih50@mail.ru

Доровских Дмитрий Владимирович
кандидат технических наук, доцент,
научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»E-mail: dima.dorovskikh@yandex.

Реферат. *Целью данной работы было изучить процесс опорожнения технологических камер доильных установок. Рассматривалось истечение жидкости определенного объема под действием перепада давлений в трубопроводе в зависимости от режима поступления воздуха в опорожняемую камеру. Такой режим истечения имеет место при эвакуации молока из коллектора доильной установки в молокопровод, при опорожнении мерной камеры группового счетчика молока и в других случаях. Расход жидкости при этом зависит от расхода воздуха, поступающего в камеру. Решение поставленной задачи базируется на том, что расход газа через впускное отверстие, приведенный к давлению в камере равен расходу вытесненной им жидкости. Расход жидкости определялся, используя уравнение Бернулли для сечений на поверхности жидкости в опорожняемой камере и выходе отсасывающего шланга, а расход воздуха на основе уравнения Сен-Венана. Решение полученного уравнения для заданных значений параметров процесса проводилось в среде Math Cad. Установлено, что наибольшее влияние на давление в камере оказывает сечение воздушного канала и сечение отводящего шланга. С уменьшением сечения это влияние возрастает. Влияние высоты подъема жидкости проявляется в меньшей мере и в основном, при малых сечениях воздушного канала. С увеличением сечения шланга влияние высоты подъема жидкости на давление в камере снижается. Изменение давления в камере и расхода жидкости носят степенной характер, что обусловлено режимами поступления воздуха в опорожняемую камеру.*

Ключевые слова. *Доильная установка, истечение жидкости, расход, давление, сечение, параметры процесса.*

DOROVSKIH V.I., DOROVSKIH D.V.

LIQUID OUTFLOW FROM PROCESS TANKS OF MILKING MACHINES BY LETTING INTO THEM OF THE LIMITED AMOUNT OF AIR

Dorovskih Vladimir Ivanovich
Ph.D., associate professor, laboratory chief, All-Russian research Institute for use of technics and oil products in agriculture
E-mail: dorovskih50@mail.ru

Dorovskih Dmitry Vladimirovich
Ph.D., associate Professor, Senior Researcher, All-Russian research Institute for use of technics and oil products in agriculture

E-mail: dima.dorovskikh@yandex.ru

Abstract. *The aim of this work was to study the process of emptying of process chambers of milking machines. Expiration of a certain volume of liquid under the influence of pressure differential in the conduit, depending on the mode of air supply to chamber emptied, was considered. This mode of the expiration takes place at of the evacuation of milk from the collector of milking machine into the milk line, when emptying of the measuring chamber of group counter milk and in other cases. Liquid flow rate is dependent here upon the air flow entering the chamber. The solution of this problem is based on the fact that the gas flow through the inlet is counted to pressure in the chamber, is equal to the flow rate of fluid it displaces. The flow rate is determined using the Bernoulli equation for the sections on the surface of the liquid in emptied chamber and the output of the suction hose, and the air flow rate based on the Saint Venant equations. The solution of this equation for given values of the parameters of the process was conducted in an environment Math Cad. It is found that the greatest impact on the pressure in the chamber air passage section and the discharging section of deferent hose are provided. This effect increases with decreasing section. Effect of lift height of liquid is shown at least and primarily at small sections of the air channel. Effect of lift height of fluid into pressure in the chamber is decreased with the section of the hose. The change of pressure in the chamber and the flow rate of fluid are exponential in nature, due to the mode of receipt of air in the chamber emptied.*

Keywords: *Milking installation, the liquid outflow, the flow rate, the pressure section of the process parameters.*

Введение. В условиях реализации национального проекта развития АПК РФ предусмотрено увеличение производства молока с одновременным повышением его качества. При конструировании и технологическом расчете узлов доильных установок приходится решать задачи, связанные с истечением жидкости определенного объема под действием перепада давлений в трубопроводе, который зависит от режима поступления воздуха в опорожняемую камеру, например при эвакуации молока из коллектора доильного аппарата в молокопровод или при опорожнении мерной камеры группового счетчика молока типа АДМ.52.000. При конструктивном обосновании молокопроводных систем в настоящее время для определения времени опорожнения заданного объема жидкости используют приближенные методы, которые не учитывают влияние параметров жидкостных и воздушных магистралей [1 - 6]. Целью данной работы было изучить процесс опорожнения технологических камер доильных установок.

Материалы и методы. При решении задачи была принята следующая модель протекания процесса (согласно рисунку 1) [7 - 9].

Процесс опорожнения осуществляется следующим образом: при отсосе жидкости из емкости 1 по шлангу 2 сечением F_2 в емкость 3 атмосферный воздух через отверстие 4 сечением F_1 поступает в камеру, где устанавливается давление ($P_м$) большее рабочего ($P_р$), но меньшее атмосферного ($P_а$). В результате перепада давлений жидкость по шлангу вытесняется из емкости 1 в емкость 3 находящуюся на высоте H. В представленной модели приняты следующие допущения: изменением уровня жидкости в камере 1 в процессе ее опорожнения пренебрегаем, влияние сечения шланга на путевые потери на первом этапе решения задачи не учитываем. Режим поступления воздуха подкритический ($p/p_н$ = 0,607 > 0,528).

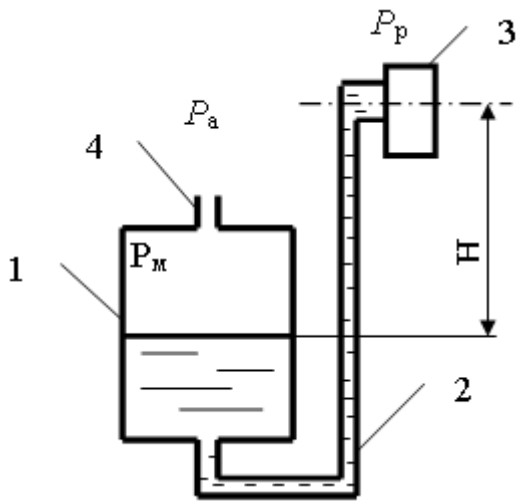


Рисунок 1 – Схема процесса опорожнения камеры.

Результаты и обсуждение. Расход жидкости ($Q_ж$) можно определить, используя уравнение Бернулли для сечений на поверхности жидкости в камере 1 и входе отсасывающего шланга в камеру 3 [10]:

$$Q_{ж} = F_1 \cdot \mu_1 \sqrt{\frac{2 \cdot \left(P_м - P_p \right)}{\rho_{ж}} - g \cdot H} \ , \qquad (1)$$

где $\rho_ж$ – плотность жидкости; μ_1- коэффициент расхода жидкости.

Расход газа через отверстие, приведенный к давлению $P_м$ равен расходу вытесненной им жидкости, а расход газа ($Q_г$) приведенный к атмосферному давлению $Q_г(P_а) = Q_ж P_м/P_а$.

Расход газа, приведенный к атмосферному давлению $Q_г(P_а)$ определим используя известное уравнение Сен-Венана [4]:

$$Q_г(P_a) = F_2 \cdot \mu_2 \sqrt{2 \cdot \frac{k-1}{k} \cdot \frac{P_a}{\rho_в} \cdot \left[1 - \left(\frac{P_м}{P_a} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]}, \qquad (2)$$

где k – показатель адиабаты, (для воздуха k= 1.41); μ_2 – коэффициент расхода газа; $\rho_в$ – плотность воздуха, кг/м^3.

Значение давления $P_м$ можно определить с учетом равенства расходов $Q_ж$ и $Q_г(P_м)$ из выражения:

$$F_1 \cdot \mu \cdot \sqrt{\frac{2(P_м - P_p)}{\rho_{ж}} - gH} = F_2 \cdot \frac{P_a}{P_м} \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{k-1}{k} \cdot \frac{P_a}{\rho_в} \cdot \left[1 - \left(\frac{P_м}{P_a} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]}. \qquad (3)$$

Решение этого уравнения для заданных значений параметров процесса проводился в среде Math Cad. Величина расхода жидкости определяется из уравнения (1).

Результаты расчетов для рабочего вакуума 48 кПа, коэффициента расхода жидкости μ_1 = 1, коэффициента расхода воздуха μ_2 = 1 приведены в таблице и на рисунках 2,3.

Таблица – Результаты расчетов давления в камере и расхода жидкости при рабочем вакууме 48 кПа.

Высота подъёма жидкости (H), м	Сечение отводящего шланга (F_2), мм^2	Сечение отверстия (F_1), мм^2	Давление в камере ($P_м$), кПа	Расход ($Q_ж$), 10^{-3}м^3/с
2	50	3	79960	0,215
		9	93440	0,334
		18	98960	0,372
		47	101500	0,389
	100	3	74090	0,264
		9	84880	0,529
		18	93440	0,668
		47	100100	0,760
	150	3	72310	0,280
		9	79960	0,644
		18	88590	0,890
		47	98170	1,101
	200	3	71580	0,289
		9	77070	0,715
		18	84880	1,058
		47	96040	1,411
	250	3	71210	0,290
		9	75210	0,761

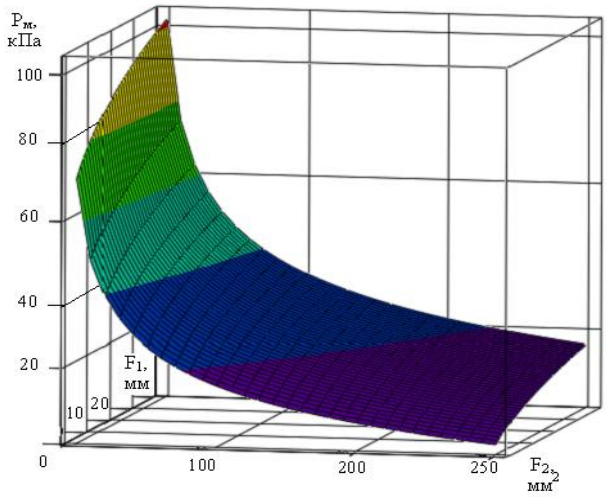


Рисунок 2 – Зависимость давления в камере при рабочем вакууме 48 кПа и высоте подъема равной 2 м.

Из полученных данных видно, что наибольшее влияние на давление в камере оказывает сечение отверстия и сечение отводящего шланга.

С уменьшением сечения это влияние возрастает. Влияние высоты подъема жидкости проявляется в меньшей мере и в основном, при малых сечениях воздушного канала.

Изменение давления в камере и расхода жидкости носят степенной характер, что обусловлено режимами поступления воздуха в камеру (подкритическим или надкритическим).

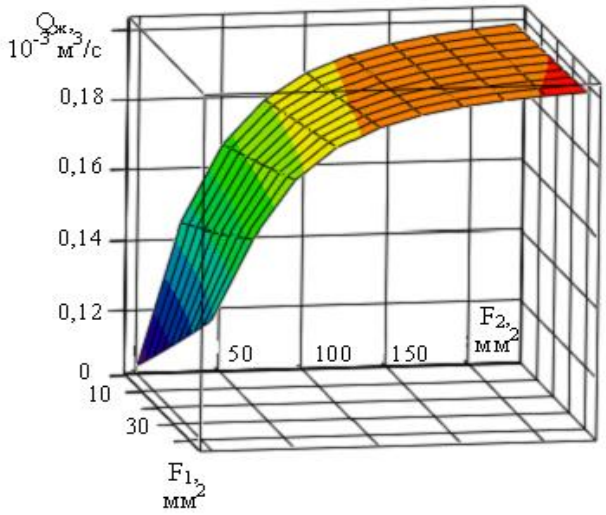


Рисунок 3 – Зависимость расхода жидкости из камеры при рабочем вакууме 48 кПа и высоте подъема равной 2,0 м.

Выводы. Давление в камере в процессе ее опорожнения зависит в основном от сечения воздушного канала и сечения отводящего шланга. Диапазон этих значений при изменении сечения воздушного канала в пределах 3…47 мм^2 для отводящего шланга сечениями 50,100, 150, 200 и 250 мм^2 соответственно равен 69…101, 59…98, 55…95, 53…92 и 52…89 кПа.

Влияние высоты подъема жидкости из камеры на давление в ней менее значимо, чем остальные факторы и при изменении высоты подъема от 0 до 2 м при сечении воздушного канала 20 мм^2 находится в пределах для отводящих шлангов сечением 50, 100, 150, 200 и 250 мм^2 соответственно 89…93, 78…85, 69…80, 65…77 и 62…75 кПа. С увеличением сечения шланга влияние высоты подъема жидкости на давление в камере снижается.

Список литературы

1. Доровских В.И. Повышение эффективности использования доильных установок: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов РАСХН. Саратов, 1996.

2. Доровских В.И., Дейнега А.П. Оптимизация процесса молоковыведения при доении коров в стойлах //Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. – 2008. – Т. 18. - №2. – С. 123 – 128.

3. Доровских В.И., Доровских Д.В., Аткешов О.А. Пути повышения эффективности функционирования средств механизации на семейных молочных фермах // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. – 2012. - №2 (6). –С. 47 – 51.

4. Доровских В.И., Доровских Д.В. Измерение отсасывающей способности доильных аппаратов // Наука в центральной России. – 2013. - №6 (12). – С. 21-27.

5. Доровских В.И. , Аткешов О.А. Совершенствование управления процессом доения животных // Техника в сельском хозяйстве. - 2012. -№ 6. - С. 20.

6. Доровских В.И., Филиппова О.Б., Кийко Е.И., Аткешов О.А. Предпосылки для создания алгоритма управления доильным процессом // Международный научно-исследовательский журнал. 2014. № 4. С. 101.

7. Доровских В.И., Дейнега А.П. Повышение эффективности использования молокопроводных доильных установок путем их модернизации // Вестник ВНИИМЖ. – 2008. – Т.18. - №1. –С.160 – 165.

8. Доровских В.И., Щедрин В.Т., Щедрин А.В. Счетчик молока. Патент на изобретение RUS2233081 10.06.2002

9. Доровских В.И., Щедрин В.Т., Щедрин А.В. Групповой учет молока на доильных установках // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2003. - №9. – С.8-9.

10. Альтшуль А.Д. и др. Гидравлика и аэродинамика. М.: Стройиздат. -1987. - 414 с.

References

1. Dorovskih V.I. Povyshenie jeffektivnosti ispol'zovanija doil'nyh ustanovok: avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tehnicheskih nauk / Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut ispol'zovanija tehniki i nefteproduktov RASHN. Saratov, 1996.

2. Dorovskih V.I., Dejnega A.P. Optimizacija processa molokovyvede-nija pri doenii korov v stojlah //Vestnik Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mehanizacii zhivotnovodstva. – 2008. – T. 18. - №2. – S. 123 – 128.

3. Dorovskih V.I., Dorovskih D.V., Atkeshov O.A. Puti povyshenija jef-fektivnosti funkcionirovanija sredstv mehanizacii na semejnyh molochnyh fermah // Vestnik Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mehanizacii zhivotnovodstva. – 2012. - №2 (6). –S. 47 – 51.

4. Dorovskih V.I., Dorovskih D.V. Izmerenie otsasyvajushhej sposobnosti doil'nyh apparatov // Nauka v central'noj Rossii. – 2013. - №6 (12). – S. 21-27.

5. Dorovskih V.I. , Atkeshov O.A. Sovershenstvovanie upravlenija pro-cessom doenija zhivotnyh // Tehnika v sel'skom hozjajstve. - 2012. -№ 6. - S. 20.

6. Dorovskih V.I., Filippova O.B., Kijko E.I., Atkeshov O.A. Predposylki dlja sozdanija algoritma upravlenija doil'nym processom // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. 2014. № 4. S. 101.

7. Dorovskih V.I., Dejnega A.P. Povyshenie jeffektivnosti ispol'zovanija molokoprovodnyh doil'nyh ustanovok putem ih modernizacii // Vestnik VNIIMZh. – 2008. – T.18. - №1. –S.160 – 165.

8. Dorovskih V.I., Shhedrin V.T., Shhedrin A.V. Schetchik moloka. Patent na izobretenie RUS2233081 10.06.2002

9. Dorovskih V.I., Shhedrin V.T., Shhedrin A.V. Gruppovoj uchet moloka na doil'nyh ustanovkah // Mehanizacija i jelektrifikacija sel'skogo hozjajstva. – 2003. - № 9. – S.8-9.

10. Al'tshul' A.D. i dr. Gidravlika i ajerodinamika. M.: Strojizdat. -1987. - 414 s

УДК 637.116.2:636.2

ДОРОВСКИХ В.И., ДОРОВСКИХ Д.В., АТКЕШОВ О.А.

К ВОПРСУ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ОТСАСЫВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ДОИЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Доровских Владимир Иванович
кандидат технических наук, доцент,
ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»,
E-mail: dorovskih50@mail.ru

Доровских Дмитрий Владимирович
кандидат технических наук, доцент,
научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»,

E-mail: dima.dorovskikh@yandex.
Аткешов Оспан Айболатович
аспирант, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»,
E-mail: dorovskih50@mail.ru

Реферат. *Рассмотрен характер взаимодействия элементов биотехнической системы машина-животное при доении коров. Учитывая, что результат этого взаимодействия определяется параметрами системы: с одной стороны отсасывающей способностью доильного аппарата, а с другой функциональными свойствами вымени животных. Параметр, характеризующий отсасывающую способность доильного аппарата, представляет собой скорость истечения молока в выводном канале соска, которую он способен обеспечить. Этот параметр для конкретного типа доильного аппарата определен однозначно и может служить характеристикой его отсасывающей способности. Значение этого параметра может быть определено на основе стендовых испытаний с использованием искусственного вымени с известным значением сечений выводных каналов сосков. Определен также параметр характеризующий молокоотдачу животного физический смысл, которого это средняя скорость истечения молока через выводной канал соска, при которой за период молокоотдачи происходит полная эвакуация молока из вымени животного. Этот параметр может являться комплексной характеристикой функциональных свойств вымени животного и определяется по результатам контрольных доек. Экспериментально определены значения параметра характеризующего отсасывающую способность применительно к доильным аппаратам трехтактного типа, двухтактного типа и постоянного отсоса. Обработкой экспериментальных данных получены уравнения регрессии для определения коэффициентов расхода, учитывающих влияние конструктивных факторов при использовании: трехтактных доильных аппаратов; двухтактных доильных аппаратов и доильных аппаратов постоянного отсоса. Определены поправочные коэффициенты к значениям отсасывающей способности при доении двухтактными доильными аппаратами в молокопровод. Полученные данные предназначены для определения эффективности использования доильных установок в реальных условиях производства при различных режимах их работы и в алгоритмах управления процессом доения коров.*

Ключевые слова*: отсасывающая способность, доильный аппарат, метод измерения, режим доения, показатели молокоотдачи.*

DOROVSKIH V.I., DOROVSKIH D.V., ATKESHOV O.A.

TO VOPROSU QUANTITATIVE EVALUATION OF SUCTION ABILITY MILKING MACHINES

Dorovskih Vladimir Ivanovich
Ph.D., Associate Professor,
Leading Researcher, Russian Research
Institute of technology and the use of oil in agriculture,
E-mail: dorovskih50@mail.ru
Dorovskih Dmitry Vladimirovich
Ph.D., Associate Professor,
Researcher, Scientific Research
Institute of technology and the use of oil in agriculture,
E-mail: dima.dorovskikh@yandex.

Atkeshov Ospan Aybolatovich
graduate student, Scientific Research
Institute of technology and the use of oil in agriculture,
E-mail: dorovskih50@mail.ru

Abstract. *Consider the nature of interaction between the elements of the biotechnical system machine-animal when milking cows. Given that the result of this interaction is determined by their system parameters: suction capacity of milking unit, and other functional properties of the udder of animals. Parameter characteristics describing the suction capacity of the milking unit is the speed of IP-flow of milk in the excretory channel of the nipple, which it is capable. This option for a specific type of milking unit is unambiguous and can serve as a characteristic by way of its suction ability. The value of this parameter can be determined on the basis of bench tests using an artificial udder with the known importance of the rising sections of the excretory channels of the nipples. Also defined a parameter characterizing the milking capacity of an animal physical meaning, which is the average velocity of the milk through the discharge channel of the nipple, whereby for the period of milk flow comes to a complete evacuation of milk from the udder of the animal. This parameter can be a comprehensive characterization of the functional properties of the udder of the animal and is determined based on the control milking. Experimentally determined values of suction parameter characterizing the ability with regard to milking machines drehtechnik type", the two-stroke type and continuous suction. Processing of experimental data the regression equations to determine the coefficient of discharge, taking into account the impact of design factors when using: drehtechnik milking machines; two-stroke milking machines and milking units of constant suction. Determined correction factors to the values of the suction capacity while the two-stroke milking machine to the milk. The data obtained are intended to determine the effectiveness of the use of milking systems in real conditions of production under different modes of their operation and in the control algorithms of the process of milking cows.*

Key words*: suction capacity, the milking machine, the method of measurement, milking mode, the indicators of milk.*

Введение. Принято считать, что биотехническая система состоит, как правило, из следующих элементов: технического устройства, устройства управления и животного.

Для анализа взаимодействия элементов такой системы необходим метод формирования связей, позволяющий учитывать особенности действия ее частей. При соединении звеньев, описываемых детерминированными функциями (техническое устройство и устройство управления), со звеном, имеющим неопределенную характеристику (животное), вся система становится неопределенной.

Системы управления технологическими процессами в животноводстве и, в частности, доением, имеют два основных признака: полноту априорной информации об объекте управления и сложность структурной схемы.

Следует заметить, что до настоящего времени многие показатели процесса доения не имеют однозначной количественной оценки, а взаимосвязи между ними не формализованы. К ним относятся в первую очередь параметры определяющие качество процесса доения: отсасывающая способность доильного аппарата, тугодойность животного, функция молокоотдачи.

В связи с этим алгоритм управления такой системой носит вероятностный характер, а результат не подлежит оценке и прогнозированию.

Анализ работы современных систем управления процессом доения, контролирующих

такие параметры доения как: поток молока, надой, время доения показал, что они не способны обеспечивать своевременное выдаивание всех коров. Результатом этого является низкий уровень использования генетического потенциала этих коров и повышенная заболеваемость маститом.

Материалы и методы. Термин «отсасывающая способность» доильного аппарата, впервые применен Гормом С.Я. в 1966 году, после чего стал использоваться в научных публикациях [1].

Горм С.Я. при определении понятия отсасывающая способность доильного аппарата исходил из анализа уравнения истечения молока из выводного канала соска:

$$Q = \mu f \sqrt{2g\frac{p_c + p_{пс}}{\gamma}}, \text{см}^3/\text{сек}, \qquad (1)$$

где Q — расход молока из выводного канала соска, см^3/сек; μ — коэффициент истечения молока из отверстия соскового канала; f — площадь отверстия соскового канала, см^2; $p_с$ — избыточное давление над сосковым каналом, кг/см^2; $p_{пс}$ —разрежение в подсосковой камере доильного стакана, кг/см^2; γ — объемный вес молока, кг/см^3.

Суть его рассуждений сводилась к следующему. Можно считать, что во время истечения $p_с$ зависит только от животного, а $p_{пс}$ - от аппарата. Кроме морфологических особенностей соска, на величины μ и f влияют уровень разрежения под соском - $p_{пс}$ и разность давления $p_р$ на сосковую резину.

В связи с этим Горм С.Я. считал, что если пренебречь истечением молока из соска при изменении - $p_{пс}$ и $p_р$ от пороговых до граничных значений ввиду его относительной кратковременности в аппаратах с $P_{пс} \geq P_г$, то отсасывающую способность можно определять из выражения:

$$J = \frac{\int_0^{t_1} p_{пс}^{0,5}(t)dt}{T}. \qquad (2)$$

Аналитическое выражение функции $p_{пс}^{0,5} = F(t)$неизвестно. Ее график Горм С.Я. предлагал строить по графику - $p_{пс} = F(t)$, который легко получить, осциллографируя разрежение в камерах доильного стакана.

Этот метод, имея важное значение для определения направлений оценки энергетической характеристики доильного аппарата, вместе с тем пригоден только для трехтактных аппаратов и не может использоваться в алгоритмах управления процессом молоковыведения.

Другим вариантом оценки отсасывающей способности доильного аппарата и взаимосвязи параметров доения является метод, изложенный в способе оценки соответствия показателей молокоотдачи животного и параметров доильного аппарата [2].

Сущность метода сводится к следующему.

На основе анализа уравнения (1) и с учетом того, что влиянием избыточного давления над сосковым каналом можно пренебречь, интенсивность молоковыведения можно представить следующим уравнением:

$$q = \tau\mu f\sqrt{\frac{2p}{\rho}}, \qquad (3)$$

где f - площадь отверстия соскового канала, м^2; τ - относительная длительность такта сосания; μ- коэффициент расхода, учитывающий конструктивные и технологические особенности доильного аппарата; p - разрежение в подсосковой камере доильного стакана, Па; ρ -

плотность молока, кг/м^3.

В отличие от предложенного Гормом С.Я. этот метод предполагает учет относительной длительности такта сосания, что исключает необходимость графического интегрирования осциллограмм, но предусматривает экспериментальное определение коэффициентов расхода конкретных типов доильных аппаратов, работающих с заданными параметрами.

Из уравнения (3) видно, что интенсивность молоковыведения является характеристикой системы "доильный аппарат - вымя животного", так как параметры τ, p, μ - характеристики доильного аппарата, а параметр f - характеристика животного.

Параметр $E = \tau\mu\sqrt{\frac{p}{\rho}}$ представляет собой скорость выведения молока, которую способен обеспечить доильный аппарат. Этот параметр для конкретного типа доильного аппарата определен однозначно и может служить характеристикой его отсасывающей способности. Значение этого параметра может быть определено на основе стендовых испытаний с использованием искусственного вымени с известным значением параметра f.

Средняя интенсивность молоковыведения $\bar{q}$ за время доения равна:

$$\bar{q} = \frac{Q}{T},$$

где Q - разовый удой; T - период молокоотдачи (время доения).

Тогда уравнение (3) можно представить в виде:

$$k\frac{Q}{T} = f\tau\mu\sqrt{\frac{p}{\rho}} \text{ или}$$

$$k\frac{Q}{Tf} = \tau\mu\sqrt{\frac{p}{\rho}}. \quad (2)$$

Физический смысл комплекса величин $J = \frac{Q}{Tf}$ - средняя скорость истечения молока через выводной канал соска, при которой за период молокоотдачи происходит полная эвакуация молока из вымени животного. Этот параметр может являться комплексной характеристикой функциональных свойств вымени животного. Значения величин Q и T могут быть определены по результатам контрольных доек, а параметр f - косвенным путем по результатам доения из условия $q_{max} = Ef$. Значение коэффициента k в соответствии с имеющейся априорной информацией [2, 3] можно принять равным отношению максимальной интенсивности молоковыведения к средней.

Результаты и обсуждение. Отсасывающая способность на первом этапе исследовалась применительно к доильным аппаратам трехтактного типа», двухтактного типа и постоянного отсоса [4, 5].

После этого на основе результатов дисперсионного анализа проведено сравнение теоретической и фактической скоростей истечения модельной жидкости из сосков искусственного вымени (таблица 1).

Из данных таблицы видно, что разница между теоретической и фактической скоростями истечения носит не случайный характер, а является результатом воздействия факторов, зависящих от конструктивных особенностей доильных аппаратов и режимов их работы.

Таблица 1 - Сравнительная оценка результатов эксперимента.

Тип доильного аппарата	Соотношение тактов, λ	Рабочий вакуум, *p*, кПа	Теоретическая скорость истечения, $V_т$, м/с	Фактическая скорость истечения, $V_ф$, м/с	Доверительный интервал $V_ф$ с вероятностью 0,99, м/с
Двухтактный	50:50	40	4,413	4,038	0,915
		46,5	4,834	4,515	0,934
		53	5,080	4,770	0,939
	60:40	40	5,296	4,918	0,929
		46,5	5,801	5,476	0,944
		53	6,094	5,842	0,959
	70:30	40	6,178	5,832	0,944
		46,5	6,768	6,477	0,957
		53	7,111	6,893	0,969
Постоянного отсоса	-	40	8,826	8,420	0,954
		46,5	9,669	9,153	0,947
		53	10,159	9,885	0,973
Трехтактный	50:50	40	4,413	3,435	0,778
		46,5	4,834	4,075	0,843
		53	5,080	4,595	0,905
	60:40	40	5,296	4,206	0,794
		46,5	5,801	4,966	0,856
		53	6,094	5,559	0,912
	70:30	40	6,178	5,041	0,816
		46,5	6,768	5,893	0,871
		53	7,111	6,525	0,918

Обработкой экспериментальных данных получены уравнения регрессии для определения коэффициента расхода *(μ),* учитывающего влияние указанных факторов при использовании:

трехтактных доильных аппаратов $\mu_1 = 0{,}365+0{,}1283+0{,}0089H$;

двухтактных доильных аппаратов $\mu_1 = 0{,}7661+0{,}1101\tau+0{,}0024H$;

доильных аппаратов постоянного отсоса $\mu_1 = 0{,}8968+0{,}0015H$,

где τ – относительная длительность такта сосания;

H - величина рабочего вакуума, кПа;

Значения отсасывающей способности доильных аппаратов и коэффициентов расхода при различных режимах их работы приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Основные параметры доильных аппаратов и их расходные характеристики.

Тип доильного аппарата	Соотношение тактов, λ	Рабочий вакуум, *p*, кПа	Коэффициент расхода, μ	Отсасывающая способность доильного аппарата *E*, м/с
1	2	3	4	5
Двухтактный	50:50	40	0,919	4,038
		48	0,934	4,516
		53	0,590	4,770
	60:40	40	0,929	4,918
		48	0,945	5,475
		53	0,961	5,842
	70:30	40	0,941	5,832
		48	0,956	6,477
		53	0,972	6,893

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
Трехтактный	50:50	40	0,784	3,435
		48	0,842	4,075
		53	0,900	4,595
	60:40	40	0,797	4,206
		48	0,855	4,966
		53	0,913	5,559
	70:30	40	0,810	5,014
		48	0,868	5,893
		53	0,926	6,525
Постоянного отсоса	-	40	0,954	8,420
		48	0,967	9,153
		53	0,973	9,885

При доении двухтактными доильными аппаратами в молокопровод значениям отсасывающей способности доильного аппарата корректируются поправочным коэффициентом, зависящим от высоты подвеса молокопровода (относительно пола). Величины поправочных коэффициентов получены на основе данных Гущина В.А. [6]. Значения отсасывающей способности и коэффициентов расхода при доении в молокопровод приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Основные параметры двухтактных аппаратов и их расходные характеристики при доении в молокопровод.

Высота подвеса молокопровода, h, м	Соотношение тактов, λ	Рабочий вакуум, р, кПа	Коэффициент расхода, μ	Отсасывающая способность Е, м/с
1,0	50:50	40	0,698	3,069
		48	0,785	3,793
		50	0,801	4,055
	60:40	40	0,706	3,738
		48	0,803	4,599
		50	0,817	4,966
	70:30	40	0,715	4,432
		48	0,803	5,441
		50	0,826	5,819
1,5	50:50	40	0,634	2,786
		48	0,710	3,429
		50	0,760	3,816
	60:40	40	0,641	3,393
		48	0,718	4,161
		50	0,768	4,674
	70:30	40	0,649	4,024
		48	0,726	4,923
		53	0,778	5,514
2,0	50:50	40	0,574	2,524
		48	0,625	3,026
		50	0,656	3,291
	60:40	40	0,581	3,070
		48	0,633	3,663
		50	0,663	4,031
	70:30	40	0,588	3,645
		48	0,640	4,340
		53	0,663	4,756

Данные таблиц 2 - 3 предназначены для определения эффективности использования доильных установок в реальных условиях производства [7, 8] при различных режимах их работы и в алгоритмах управления процессом доения коров.

Список литературы

1. Горм, С.Я. Отсасывающая способность доильных аппаратов / С.Я. Горм Отсасывающая способность доильных аппаратов // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. -1970. -№ 12.С.21-23.

2. Способ оценки соответствия показателей молокоотдачи животного и параметров доильного аппарата. Патент на изобретение RUS 2136145 02.07.1997

3. Устройство для измерения частоты и соотношения тактов доильного аппарата. Патент на изобретение RUS 2180479 04.05.2000

4. Доровских, В.И. Повышение эффективности использования молокопроводных доильных установок путём их модернизации / В.И. Доровских, А.П. Дейнега // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. -2008. - Т. 18. - №1. - С. 160-165.

5. Доровских, В.И. Оптимизация процесса молоковыведения при доении коров в стойлах / В.И. Доровских, А.П. Дейнега // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. -2008. - Т. 18. - №1. С. 123-128.

6. Гущин, В.А. Исследование режимов доения коров и транспортировки молока на установках с молокопроводом с целью получения высококачественного молока. / В.А Гущин Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. - М., -1978 . - 203с.

7. Доровских, В.И. Пути повышения эффективности функционирования средств механизации на семейных молочных фермах / В.И. Доровских, Д.В. Доровских, О.А. Аткешов // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. - 2012. - №2. - С. 47-51.

8.Доровских, В.И. Повышение эффективности использования доильных установок. / Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук // - Саратов. -1996.

References

1. Gorm, S.Ya. Otsasihvayuthaya sposobnostj doiljnihkh apparatov / S.Ya. Gorm Otsasihvayuthaya sposobnostj doiljnihkh apparatov // Mekhanizaciya i ehlektrifikaciya socialisticheskogo seljskogo khozyayjstva. -1970. -№ 12.S.21-23.

2. Sposob ocenki sootvetstviya pokazateleyj molokootdachi zhivotnogo i parametrov doiljnogo apparata. Patent na izobretenie RUS 2136145 02.07.1997

3. Ustroyjstvo dlya izmereniya chastotih i sootnosheniya taktov doiljnogo apparata. Patent na izobretenie RUS 2180479 04.05.2000

4. Dorovskikh, V.I. Povihshenie ehffektivnosti ispoljzovaniya molokoprovodnihkh doiljnihkh ustanovok putyom ikh modernizacii / V.I. Dorovskikh, A.P. Deyjnega // Vestnik Vserossiyjskogo nauchno-issledovateljskogo instituta mekhanizacii zhivotnovodstva. -2008. - T. 18. - №1. - S. 160-165.

5. Dorovskikh, V.I. Optimizaciya processa molokovihvedeniya pri doenii korov v stoyjlakh / V.I. Dorovskikh, A.P. Deyjnega // Vestnik Vserossiyjskogo nauchno-issledovateljskogo instituta mekhanizacii zhivotnovodstva. -2008. - T. 18. - №1. S. 123-128.

6. Guthin, V.A. Issledovanie rezhimov doeniya korov i transportirovki moloka na ustanovkakh s molokoprovodom s celjyu polucheniya vihsokokachestvennogo moloka. / V.A

Guthin Dissertaciya na soiskanie uchenoyj stepeni k.t.n. - M., -1978 . - 203s.

7. Dorovskikh, V.I. Puti povihsheniya ehffektivnosti funkcionirovaniya sredstv mekhanizacii na semeyjnihkh molochnihkh fermakh / V.I. Dorovskikh, D.V. Dorovskikh, O.A. Atkeshov // Vestnik Vserossiyjskogo nauchno-issledovateljskogo instituta mekhanizacii zhivotnovodstva. - 2012. - №2. - S. 47-51.

8. Dorovskikh, V.I. Povihshenie ehffektivnosti ispoljzovaniya doiljnihkh ustanovok. / Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoyj stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk // - Saratov. - 1996.

УДК 620.193; 621.892

КНЯЗЕВА Л.Г., ПРОХОРЕНКОВ В.Д., ГУБАШЕВА А.М.

НЕКОТОРЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МЕЖСЕЗОННОГО ХРАНЕНИЯ АГРАРНОЙ ТЕХНИКИ

Князева Лариса Геннадьевна,
доктор химических наук, доцент, ученый секретарь ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», г. Тамбов, e-mail: vitin-10@mail.ru

Прохоренков Вячеслав Дмитриевич,
доктор технических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», г. Тамбов, e-mail: vitin-10@mail.ru

Губашева Алмагуль Мустафаевна,
аспирант кафедры «Агроинженерии», ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет» г. Тамбов, e-mail: vitin-10@mail.ru

Реферат. *Цель данной работы: оценка экологического воздействия на окружающую среду одного из технологических процессов технического сервиса - антикоррозионной защиты сельскохозяйственной техники. Определено, что на всех этапах противокоррозионной защиты, от подготовки консервационных материалов и нанесения их на защищаемую поверхность до хранения и расконсервации во время проведения сельскохозяйственных работ, происходит выброс в окружающую среду компонентов консервационных материалов. В работе изучено экологическое воздействие компонентов консервационных составов синтетических товарных и отработанных масел марки Мобил-1или растительных продуктов, содержащих ингибирующую присадку «Эмульгин». При р*асчетах использована унифицированная программа расчета загрязнения атмосферы (УПРЗА) «Эколог», версия 3, *метеорологические данные Тамбовской области. Исследование проведено для среднего аграрного предприятия с площадью сельскохозяйственных угодий порядка 3500 га, имеющее 50 тракторов. Приняты: расход составов на одно нанесение – 300 кг, единоразовый унос составов в атмосферу – 0,1 кг, время приготовления составов – 16 часов, чистое время пневмораспылителя – 15 часов. Показано, что негативное воздействие на окружающую среду консервационных материалов на основе синтетических масел и присадки Эмульгин определяется концентрацией присадки в масляной композиции. Установлено, что выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, литосферу находятся в пределах допустимых санитарно-экологических норм и не ведут к негативному влиянию на сельскохозяйственную экосистему. Оценен удельный объем стока дождевых вод и уровень загрязнения им поверхностных водоемов.*

***Ключевые слова**: сельскохозяйственная техника, защитный состав, консервация, рассеяние, расчет, смыв, загрязнение, водоем, почва*

KNYASEVA L.G., PROCHORENKOV V.D., GUBASHEVA A.M.

SOME ENVIRONMENTAL ASPECTS OF INTERSEASONAL STORAGE OF AGRICULTURAL MACHINERY

Knyaseva Larisa Gennadyevna,
Full Doctor of Chemical Sciences, associate professor, the scientific secretary of Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture», Tambov,
e-mail: vitin-10 @ mail.ru

Prochorenkov Vyacheslav Dmitriyevich
Full Doctor of Technical Sciences, leading research associate of Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture», Tambov, e-mail: vitin-10@mail.ru

Gubasheva Almagul Mustafaevna
Post-graduate student the chair of "Agricultural engineers", Federal State Budget Educational Institution of Higher Professional Education «Tambov State Technical University» Tambov, e-mail: vitin-10@mail.ru

***Summary.** The purpose of this study: environmental impact assessment on the environment of one of the processes of technical service - anticorrosive protection of agricultural machinery. It was determined that at all stages of corrosion protection, from the preparation of conservation materials and applying them to the surface to be protected to store and re-activation during agricultural work emission components of conservation materials into the environment is realized.Environmental impact conservation of components of compositions of synthetic commodity and waste oil brand Mobil-1 or plant products containing additive inhibitory "Emulgin" examined in Ref. The unified program of calculation of atmospheric pollution (UPRZA) "Ecology" version 3, the meteorological data of the Tambov area used in the calculations. The study was conducted for the average agricultural enterprise with an area of agricultural land about 3500 hectares, has 50 tractors. Expenditures amounted to one application adopted to 300 kg, one-time entrainment compounds into the atmosphere - 0.1 kg, the cooking time will be - 16 hours , the net time of the spraying - 15 hours. It is shown that the negative effects on the environment conservation materials based on synthetic oils and additives of Emulgin are determined concentration of the additive in the oil composition. It was found that the emission of pollutants into the atmosphere, lithosphere are within acceptable sanitary and environmental standards and do not lead to negative effects on the agricultural ecosystem. The specific volume of drain of rainwater and the level of contamination of surface water bodies it was estimated.*

***Key words:** Farm equipment, protective composition, conservation, scattering calculation, wash, dirt, reservoir, soil.*

Введение. Повышение сохранности сельскохозяйственных машин в условиях сезонного использования имеет важное значение в период антикризисных реформ. Подготовка к хранению и противокоррозионная защита сельскохозяйственных машин в период неиспользования относятся к технологическим процессам технического сервиса, при которых защитные консервационные материалы неизбежно попадают в окружающую среду. При консервации сельскохозяйственной техники широко используют консервационные материалы на масляной основе [2 - 12]. Учитывая все более широкое распространение синтетических масел и

отходов производства растительного сырья в сельскохозяйственном производстве, в настоящей работе, целью данной работы было исследование воздействия компонентов консервационных материалов на их основе на составляющие биосферы. Выброс компонентов консервационных материалов оказывает воздействие на все компоненты биосферы с ее живыми организмами и минеральными составляющими и на обслуживающий персонал, проводящий работы, поэтому изучение этого воздействия чрезвычайно актуально.

Материалы и методы. В качестве основных компонентов защитных материалов в работе использованы синтетические моторные масла Мобил-1, товарные и отработанные, и растительные масла в присутствии ингибирующей присадки Эмульгин [10]. Расчеты были проведены с использованием унифицированной программы расчета загрязнения атмосферы (УПРЗА) «Эколог», версия 3 с использованием метеорологических данных Тамбовской области. В качестве объекта исследования, на территории которого происходят процессы выброса и распространения вредных веществ, избрано среднее аграрное хозяйство, имеющее до 3,5 тысяч га пашни и до 50 тракторов. Годовой расход консервационного материала для межсезонного хранения техники, согласно нормативов [13, 14], составляет порядка 300 кг со следующим содержанием компонентов у составов (здесь и далее % по массе): I - присадка Эмульгин - 5, отработанное масло Мобил-1 - 95, II - присадка Эмульгин - 5, свежее масло Мобил-1 - 95; III - присадка Эмульгин - 15, подсолнечное масло 85; IV - присадка Эмульгин - 15, рапсовое масло 85. Все противокоррозионные консервационные составы являются смесевыми продуктами. Для определения показателей токсичности использованы данные из [15, 16]. В качестве источников выброса исследованы: неорганизованный, площадью 2 м^2 и высотой 2 м и организованный с диаметром – 0,5 м, высотой -2 м, скорость выброса в обоих случаях -1м/с. Для расчетов приняты следующие параметры: расход составов на одно нанесение – 300 кг; единоразовый унос составов в атмосферу при нанесении - 0,1 %; время приготовления составов – 16 часов; чистое время работы пневмораспылителя – 15 часов. Все вещества выбрасываются в соотношении, соответствующем их исходному содержанию.

Результаты и обсуждение

Экологические характеристики защитных составов

В состав противокоррозионной присадки Эмульгин [10], разработанной на основе кубовых остатков производства высших алифатических аминов ОАО «Азот», г. Березняки, входят первичные и вторичные алифатические амины. В работе рассматриваются две фракции однонаправленного действия С10 – С15 и С16 – С20 фракций С10-С15 (57,6 %) и С16-С20 (42,4 %) с учетом аддитивного взаимодействия [15]. Токсическое действие аминов возрастает с увеличением числа атомов углерода в радикале [16]. Высшие алифатические амины являются веществами 2-го класса опасности. Предельно-допустимая концентрация Эмульгина в воздухе рабочей зоны ПДКр.з.= 1мг/м3 (таблица 1), как в целом, так и отдельно по каждой из двух фракций (аминам алифатическим С10-С16 и С15-С20) с учетом однонаправленного действия [15, 16].

Таблица 1 – Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ [13]

Вещества	$ПДК_{р.з.}$, мг/м^3	Класс опасности	$ПДК_в$, мг/л, (в воде)
Эмульгин, в том числе:			
Амины алифатические C_{10}-C_{16}	1	2	0,5*
Амины алифатические C_{15}-C_{20}	1	2	0,05
Масла минеральные нефтяные	5	3	0,05

*Пороговая концентрация на процессы самоочищения водоемов.

Экологическое воздействие смазочных материалов зависит от технологической схемы производства, и от типа и концентрации присадок [17, 18]. Известно, что поли-альфа-олефиновые масла типа Мобил-1 сходны по своей токсичности с нефтяными [11, 12, 19]. Присадки к моторным маслам могут представлять дополнительную экологическую опасность, в связи с содержанием токсичных соединений серы, фосфора, хлора, свинца, но принято считать, что из-за малой массовой доли их в маслах, подобная опасность для здоровья человека невелика. Небольшой соматической токсичностью из известных компонентов присадок к моторным маслам обладают [17] дитиофосфаты цинка и простой полиэфир алкилфенола. Интенсификация загрязнений окружающей среды, в первую очередь, воздуха рабочей зоны, и воздействие на человека в процессе работы повышаются, вследствие испарения компонентов консервационных составов. Для нефтяных и синтетических масел $ПДК_{рз} = 5$ мг / м^3 [15] (таблица 1). По параметрам острой токсичности эти масла, как свежие, так и отработанные, относятся к 3-му классу опасности. Санитарно-токсикологические характеристики компонентов консервационных материалов определяют требования к безопасному проведению процесса противокоррозионной защиты.

Оценка загрязнения атмосферного воздуха

Суммарный выброс консервационных составов при их приготовлении оценивали, в соответствии с методикой резервуаров, использующейся, в частности, для определения выбросов при закачке горюче-смазочных материалов в емкости для хранения [12] из соотношения:

$m_y = G_{xp} \cdot K_u \cdot K_t$ (1),

где G_{xp} – выбросы углеводородов при хранении бензина в резервуаре. По [12] для Тамбовской области $G_{xp} = 0{,}22$ т; K_u – опытный коэффициент, показывающий, во сколько раз концентрация паров нефтепродукта при 20 ^{0}С меньше давления паров бензина при той же температуре. Для моторного масла, в том числе и синтетического, $K_u = 0{,}27 \cdot 10^{-3}$; K_t – коэффициент пересчета, учитывающий реальную температуру в резервуаре, используемую для достижения необходимой кинематической вязкости составов, так как Эмульгин – эффективный загуститель. При 80 ^{0}С $K_t = 5{,}08$, то имеем:

$m_y = 0{,}22 \cdot 0{,}27 \cdot 10^{-3} \cdot 5{,}08 = 0{,}302 \cdot 10^{-3}$т = 302 г.

Суммарное время для приготовления 300 кг состава принимаем равным 16 часам. Продолжительность обработки техники - 15 часов с нагревом составов до 70 – 80 ^{0}С для пневматического нанесения на поверхность. Максимально разовый унос при приготовлении консервационного материала составляет (q_y):

$$q_y = m_y / 16 \cdot 3600 = 0{,}005\, г/с$$

Доля уноса консервационного материала во время пневматического нанесения устанавливается до 0,1 [20]. Для составов I и II: общий выброс масла составляет:

$m_M = 30 \cdot 0{,}95 = 28{,}5$ кг.

Максимальная скорость разового выброса масла:

$q_y = m / 15 \cdot 3600 = 0{,}53$ г/с.

Для составов: III и IV общий выброс масла составлял $m_M = 30 \cdot 0{,}85 = 25{,}5$ кг. Максимальная скорость разового выброса масла:

$q_y = m / 15 \cdot 3600 = 0{,}47$ г/с.

Из соотношения фракций аминов различной молярной массы в присадке Эмульгин следует, что из 5 % выброса в атмосферу компонентов консервационных составов I и II порядка 2,88 % приходится на алифатические амины фракции $C_{10\text{-}15}$, а 2,12 % - на алифатические амины фракции $C_{16\text{-}20}$. По интенсивности рассеяния это составляет:

$m_{C_{10-15}}$ = 0,864 кг; $q_{C_{10-15}}$ = 0,016 г/с

$m_{C_{16-20}}$= 0,636 кг; $q_{C_{16-20}}$ = 0,012 г/с

Из 15 % рассеянных в атмосферу компонентов консервационных составов III и IV 8,64 % приходится на алифатические амины фракции C_{10-15}, а 6,36 % - на алифатические амины фракции C_{16-20}. По скорости рассеяния это составляет:

$m_{C_{10-15}}$ = 2,592 кг; $q_{C_{10-15}}$ = 0,048 г/с

$m_{C_{16-20}}$= 1,908 кг; $q_{C_{16-20}}$ = 0,035 г/с

Полученные величины m и q характеризуют лишь интегральный выброс или интенсивность рассеяния данного загрязняющего вещества в атмосферу. Для оценки воздействия на состояние окружающей среды следует учесть характер рассеивания в атмосфере вредных веществ от операций приготовления консервационного состава и нанесения его на защищаемую поверхность.

В качестве источника выброса (неорганизованного источника рассеивания) в работе рассматривали машинный двор, не имеющий бортовых отсосов и других специальных устройств для вывода загрязняющих веществ в атмосферу. Результаты расчета рассеивания с помощью *с использованием унифицированной программы расчета загрязнения атмосферы (УПРЗА) «Эколог», версия 3 для составов* I и IV показаны в таблице 2.

Результаты расчетов для исследуемых консервационных составов приведены на рис. 2, 3. Они представлены в виде искаженных концентрических окружностей, характеризующих единую величину концентрации загрязняющих веществ (цифры на кривых), выраженных ПРД $_{м.р.}$(м.р. – максимально-разовая). Тот же смысл они имеют и далее на рис. 4 и 5.

Величина фоновых концентраций принималась равной 0,3 $ПДК_{м.р.}$. Анализ данных для составов I, II (рис. 2, таблица 2) показал, что для всех компонентов на границе санитарно-защитной зоны, которая, согласно [22], для парков по ремонту и обслуживанию сельхозтехники составляет 300 м, концентрация загрязнений атмосферы не превышает $ПДК_{м.р}$.

Величина фоновых концентраций принималась равной 0,3 $ПДК_{м.р.}$. Анализ данных для составов I, II (рис. 2, таблица 2) показал, что для всех компонентов на границе санитарно-защитной зоны, которая, согласно [22], для парков по ремонту и обслуживанию сельхозтехники составляет 300 м, концентрация загрязнений атмосферы не превышает $ПДК_{м.р.}$ Максимальные значения концентраций загрязняющих веществ наблюдаются в пределах квадрата со сторонами ± 50 м от центра площадки (места расположения источника выброса) и составляют в случае использования составов I и II:

- 2,174 ПДК $_{м.р.}$ (0,0214 мг/м^3) для алифатических аминов C_{10-15};
- 0,886 ПДК $_{м.р.}$ (0,0027 мг/м^3) для алифатических аминов C_{16-20};
- 5,479 ПДК $_{м.р.}$ (2,7395 мг/м^3) для синтетического масла Мобил-1, как свежего, так и отработанного.

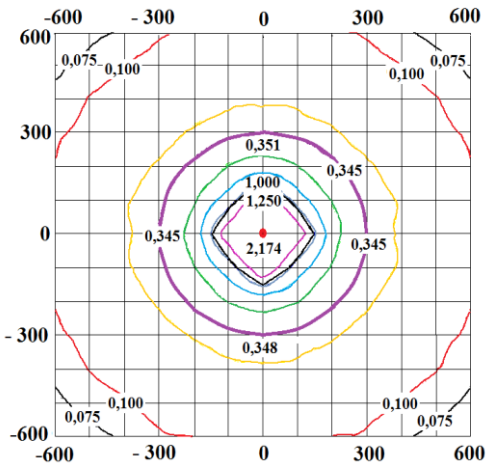
Для составов III, IV концентрация загрязнений атмосферы на границе санитарной зоны не превышает ПДК $_{м.р.}$ (рис. 3, таблица 2). Максимальные значения концентраций загрязнителей наблюдаются в пределах квадрата ± 50 м по сторонам от центра площадки (источника выброса) и составляют:

- 6,113 ПДК $_{м.р.}$ (0,06113 мг/м^3) для алифатических аминов C_{10-15};
- 2,492 ПДК $_{м.р.}$ (0,007476 мг/м^3) для алифатических аминов C_{16-20};

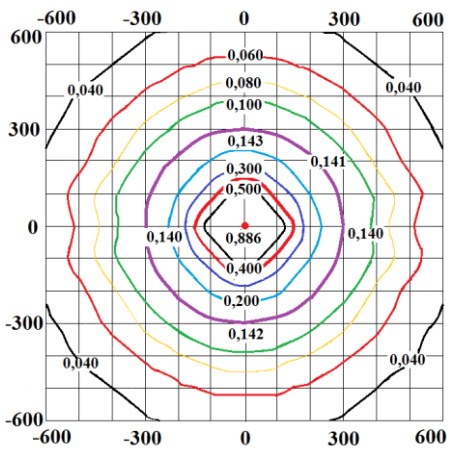
Растительные масла нетоксичны.

Таблица 2 – Выбросы загрязняющих веществ в процессе приготовления и нанесения консервационных составов.

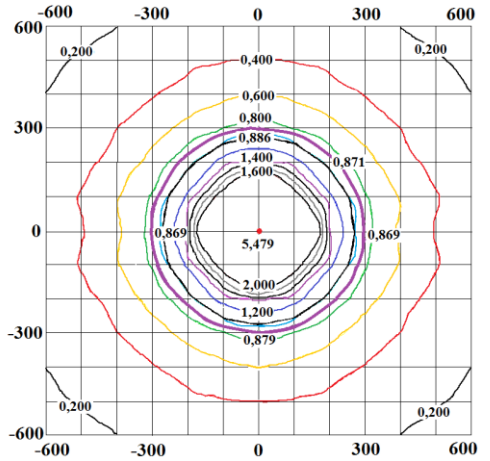
Составы			Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу					ПДК м.р, мг/м^3
№ п п	Компоненты	Концентрация, % (по массе)	при приготовлении состава		при нанесении состава (неорганизованный источник)			
			суммарный выброс, кг	максимально разовый, г/с	общий выброс, кг	максимально разовый, г/с	на границе санитарной зоны, г/с	
I	Эмульгин, в том числе: амины алифатические C_{10}-C_{15} C_{16}-C_{20}	5 2,88 2,12	0,302	0,005	30 0,864 0,636	0,556 0,527 0,015	 0,00351 0,000426	 0,01 0,003
	Масло Мобил-1 отработанное	95			28,5	0,011	0,002628	0,5
II	Эмульгин, в том числе: амины алифатические C_{10}-C_{15} C_{16}-C_{20}	5 2,88 2,12	0,302	0,005	30 0,864 0,636	0,556 0,527 0,015	 0,00351 0,000426	1 0,01 0,003
	Масло Мобил-1 свежее	95			28,5	0,011	0,002628	0,5
III	Эмульгин, в том числе: амины алифатические C_{10}-C_{15} C_{16}-C_{20}	15 8,64 6,36	0,302	0,005	 2,592 1,908	 0,045 0,033	 0,00988 0,00121	 0,01 0,03
	Подсолнечное масло масло	85			Не токсично			
IV	Эмульгин, в том числе: амины алифатические C_{10}-C_{15} C_{16}-C_{20}	15 8,64 6,36	0,302	0,005	 2,592 1,908	 0,045 0,033	 0,00988 0,00121	1 0,01 0,03
	Рапсовое масло	85			Не токсично			



а)

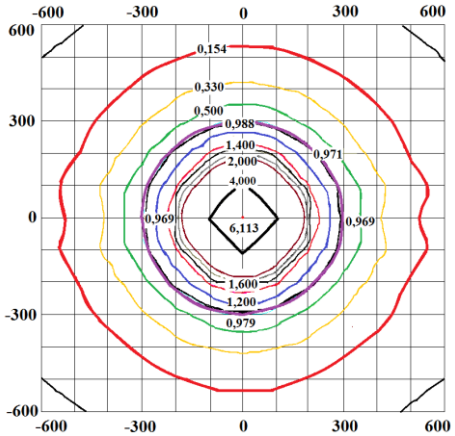


б)

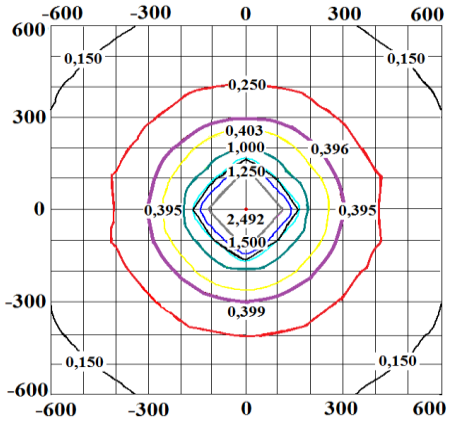


в)

Рис. 2. Концентрация загрязнений атмосферы машинного двора в долях ПДК $_{м.р.}$ алифатическими аминами фракции C_{10-15} (а), алифатическими аминами фракции C_{16-20} (б), компонентами синтетических масел (в) при нанесении защитных материалов. Составы I, II. Неорганизованный источник.



а)



б)

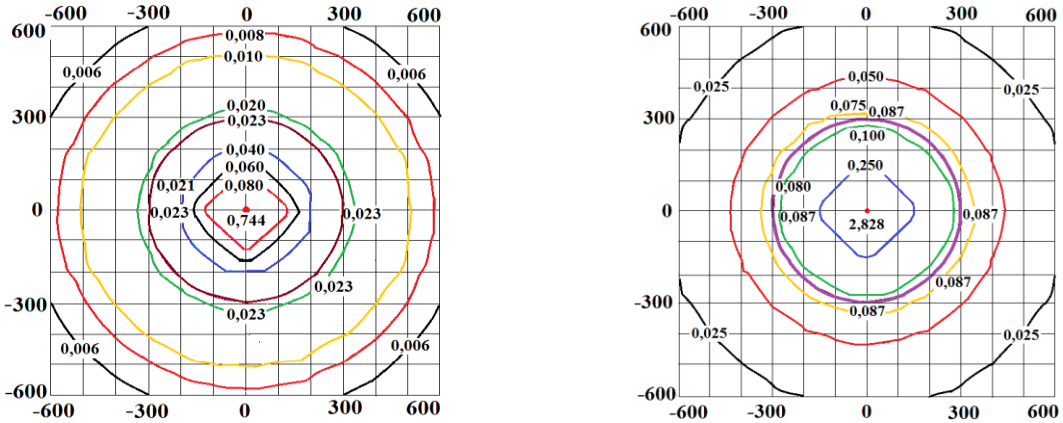
Рис. 3. Концентрация загрязнений атмосферы машинного двора в долях ПДК $_{м.р.}$ алифатическими аминами фракции C_{10-15} (а), алифатическими аминами фракции C_{16-20} (б), компонентами синтетических масел (в) при нанесении защитных материалов. Составы III, IV. Неорганизованный источник.

Результаты расчетов рассеивания из организованного источника для исследуемых консервационных составов приведены в таблице 3 и на рис. 4, 5, Так как для аминов C_{10}-C_{15} и C_{16}-C_{20} ПДК$_{р.з.}$ одинакова и равна 1 мг/м^3 (таблица 1), то Эмульгин рассматривали как единое вещество.

Анализ полученных данных показал, что для всех компонентов на границе санитарно-защитной зоны, концентрация загрязнений атмосферы не превышает ПДК$_{р.з}$.

Таблица 3 – Выбросы загрязняющих веществ в процессе приготовления и нанесения консервационных составов. Источник организованный: : диаметр - 0,5 м; высота – 2 м; скорость уноса – 1м/с

№ пп	Составы		Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу на границе санитарной зоны, г/с	ПДК $_{р.з,}$ мг/м^3
	Компоненты	Концентрация, масс. %		
I, II	1. Эмульгин 2. Мобил-1 свежее или отработанное	5 95	0,023 0,435	1 5
III, IV	1. Эмульгин 2. Подсолнечное или рапсовое масло	15 85	0,355 Не токсично	1 -



а) б)

Рис. 4. Концентрация загрязнений атмосферы машинного двора в долях ПДК $_{р.з.}$ эмульгином (а), компонентами масла Мобил-1 (б) при нанесении защитных материалов. Составы I, II. Источник организованный : диаметр - 0,5 м; высота – 2 м; скорость – 1м/с.

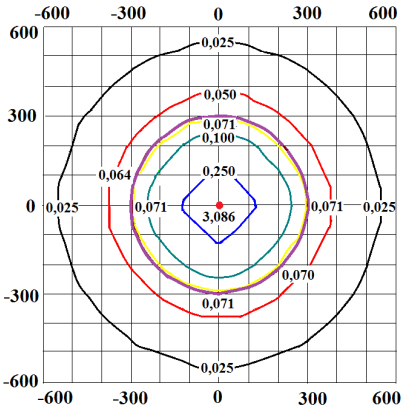


Рис. 5. Концентрация загрязнений атмосферы машинного двора в долях ПДК $_{р.з.}$ эмульгином. Составы III, IV. Источник организованный: диаметр - 0,5 м; высота – 2 м; скорость – 1м/с.

Максимальные значения концентраций загрязняющих веществ наблюдаются в пределах квадрата со сторонами ± 50 м от центра площадки (источника выброса) и составляют для составов I и II:

- 0,744 ПДК $_{р.з.}$ (0,744 мг/м^3) для Эмульгина; - 2,828 ПДК $_{р.з..}$ (14,14 мг/м^3) для синтетического масла Мобил-1, как свежего, так и отработанного.

в составах III, IV: - 3,086 ПДК $_{р.з.}$(15,43 мг/м^3) для Эмульгина. Растительные масла не токсичны,

Таким образом, проведение операций по подготовке исследуемых консервационных составов и противокоррозионной обработке ими поверхностей сельскохозяйственных машин не приведет к сверхнормативному загрязнению атмосферы воздуха, хотя необходимые меры безопасности, безусловно, должны быть приняты.

Сброс загрязняющих веществ с дождевыми и талыми водами.

При открытом хранении сельскохозяйственной техники происходит смыв части консервационного состава с металлической поверхности талыми и дождевыми водами и снегом. Компоненты смытого состава сходят вместе с неорганизованным стоком с территории площадки хранения техники и, в соответствии с рельефом местности, направляются в поверхностные водоемы.

Для среднего хозяйства Тамбовской области примем площадь машинного двора 3 – 3,5 га, в том числе площадь с твердым покрытием - 1 га. Объем стока дождевых вод W_d с одного гектара площади машинного двора определяется из соотношения [23]:

$$W_d = 2{,}5H_d \cdot K_q \cdot K_{BH} \qquad (2)$$

где H_d – уровень осадков (мм) за период со средними температурами выше 0^0С. По данным Тамбовского областного центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, из всего периода хранения законсервированной техники этим условиям удовлетворяют два месяца – апрель и октябрь. Уровень стоков за этот период составит H_d = 78,5 мм;

- K_q – коэффициент, учитывающий объем стока дождевых вод в зависимости от интенсивности дождя. Для Тамбовской области K_q принят равным 0,8 [24];

- K_{BH} - коэффициент, учитывающий интенсивность формирования дождевого стока зависит от степени распространения водонепроницаемых поверхностей [23]. В нашем случае K_{BH} = 0,8 [23, 24].

Тогда из (2) имеем: W_d = 111,5 м^3/га.

Объем стока талых вод (W_τ) с единицы площади машинного двора [23] определяется из соотношения:

$$W_\tau = H_T \cdot K_T \cdot K_B \qquad (3),$$

где H_T – слой осадков (ММ) за холодный период со средними температурами, ^{0}С. По данным Тамбовского областного центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды за период с ноября по март он составляет 232 мм;

K_T – коэффициент, учитывающий зависимость объема стока талых вод от условий снеготаяния. Для рассматриваемого региона входящей в I-ю зону по условиям весеннего стока [23, 24] K_T = 0,47;

K_B - коэффициент, учитывающий вывоз снега с территории. При отсутствии вывоза снега, что характерно для машинных дворов, K_B = 10.

Тогда, из (3) следует: W_τ = 1090,4 м^3/га

Суммарно за период хранения объем стока составит 1201,9 м^3/га, а со всей территории машинного двора площадью 3,5 га W = 4207 м^3.

По экспериментальным данным, потери консервационного состава за счет действия атмосферных осадков за весь период хранения сельскохозяйственной техники на открытой площадке не превышают 2 % от исходного объема защитных материалов. Учитывая массовую долю компонентов в консервационных составах определяем концентрацию загрязняющих веществ в дождевых и талых водах (таблица 4).

Таблица 4. Концентрация компонентов консервационных материалов в дождевых и талых водах

Наименование вещества	Сφ, в дождевых и талых водах,мг/дм3	Состав	ПДКв.х., мг/л, [24] (рыбохозяйственного значения)
Амины алифатические		I, II	
С10-С15	0,0178		0,003
С16-С20	0,0127		0,003
Синтетическое масло	1,35		0,05*
Амины алифатические		III, IV	
С10-С15	0,051		0,5
С16-С20	0,038		0,05
Растительное масло	0,51		-

Превышение $ПДК_{р,х.}$ (рыбохозяйственного значения) по сбросу в водные объекты наблюдается для компонентов консервационных материалов всех исследуемых составов (I – IV). Однако, это будет иметь место только в том случае, если в водоем будут поступать дождевые и талые воды исключительно с территории машинного двора. Но реально в период снеготаяния и обильного выпадения осадков поверхностный сток формируется с гораздо большей площади. По нормативным данным [23 - 26], допустимая концентрация нефтепродуктов в поверхностном стоке с открытых стоянок автомашин и сельскохозяйственной техники составляет 100 мг/дм^3. Для синтетических поли-альфа-олефиновых масел подобные данные в нормативах отсутствуют, но так как их действие на поверхностные стоки аналогично нефтяным маслам, мы используем для расчетов данные для нефтепродуктов. Вклад масел от смыва консервационных составов в общий объем загрязнения поверхностных стоков нефтепродуктами не превышает 2,6 %. Поэтому поступление воды с территории, примыкающей к машинному двору, нивелирует превышение концентрации загрязняющих веществ в поверхностном стоке, и потеря части консервационного состава за счет атмосферных явлений при открытом хранении сельскохозяйственной техники не приведет к загрязнению поверхностных водоемов.

Загрязнение почвы

Определение уровня загрязнения почвы противокоррозионными материалами при их нанесении затруднено из-за отсутствия предельно-допустимых концентраций ингибирующих добавок и синтетических масел в пахотном слое почвы [27]. В почву масла проникают в основном под действием силы тяжести и капиллярных явлений. Так же, как и в воде, они частично подвергаются окислению и биоразложению под действием растворенного кислорода и микроорганизмов. Линейная скорость просачивания и бокового распространения масла в почве составляет $10^{-2}…10^{-5}$ м/с и снижается с увеличением водонасыщенности последнего.

Для проведения оценки воздействия масел на почву сделали ряд допущений:

1. Весь объем оставшегося после хранения защитного состава остается в почве на начальном этапе выхода техники в поле.

2. Все компоненты состава распределены на участке почвы площадью 1 га, на глубине

до 0,25 м в пахотном слое (площадь в 1 га взята из условий среднего количества техники, подлежащей противокоррозионной обработке в одном хозяйстве и перехода компонентов защитного состава в почву на первых метрах гона).

3. Миграцией загрязняющих веществ из почвенного слоя данного участка на соседний в течение года можно пренебречь.

Оценим массовую долю отработавших масел на указанной площади и глубине. В исходных составах I и II массой 300 кг было 285 кг синтетического масла, из него 0,3 кг испарилось во время приготовления консервационного состава, 28,5 кг составили выбросы в атмосферу во время обработки техники, 5,7 кг – представляют собой сбросы с дождевыми и талыми водами. В исходных составах III и IV массой 300 кг было 255 кг синтетического масла, из него 0,3 кг испарилось во время приготовления консервационного состава, 25,5 кг составили выбросы в атмосферу во время обработки техники, 5,1 кг - сбросы с дождевыми и талыми водами. Всего на момент выхода техники в поле в защитном покрытии остается 250,5 кг синтетического масла на рабочих органах машин. Концентрация масла в объеме сухой почвы 10000 × 0,25 = 2500 м^3 плотностью 1400 кг/м^3 составит 67,8 мг/кг, что намного меньше максимально допустимого уровня 1000 мг/кг (см. табл.) даже с учетом дополнительного фонового загрязнения, составляющего 20…22 мг/кг для земель сельскохозяйственного назначения средней полосы России [234]. Реальная концентрация масел меньше, вследствие миграции загрязняющих веществ на площади, большей 1 га. Поэтому воздействие на литосферу минимально и не приведет к негативному изменению в экосистеме.

Выводы.

1. Негативное воздействие на окружающую среду консервационных материалов на основе синтетических масел и присадки Эмульгин определяется прежде всего концентрацией присадки в масляной композиции.

2. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу находятся в пределах допустимых санитарно-экологических норм и не ведут к негативному влиянию на сельскохозяйственную экосистему.

Список литературы

1. Розенфельд И.Л. Атмосферная коррозия металлов. М.: Изд-во АН СССР. 1960. 372 с.

2. Прохоренков В.Д., Князева Л.Г., Вигдорович В.И. Доступные противокоррозионные материалы для защиты сельскохозяйственной техники от атмосферной коррозии. // Практика противокоррозионной защиты. 2003. № 3. С. 51 - 54.

3. Вигдорович В.И., Князева Л.Г., Цыганкова Л.Е., Головченко А.О., Прохоренков В.Д. Защитная эффективность масляных композиций в условиях атмосферной коррозии углеродистой стали. Составы на основе отработавших масел. // Практика противокоррозионной защиты. 2010. № 4(58). С. 15 - 26.

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

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

(39). С. 16 - 22.

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

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

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

9. Князева Л.Г., Акользин А.П., Вигдорович В.И., Шель Н.В. Некоторые проблемы ингибирования атмосферной коррозии стали отработавшими моторными маслами. // Практика противокоррозионной защиты. 2012. № 1(63). С. 60 - 65.

10. Авторское свидетельство № 1385607. С 10М 133/06//(С 10 М 133/06, 127:02) С10 N 30 :12. «Противокоррозионная присадка « Эмульгин» к маслам [Text]. / Прохоренков В.Д.; заявитель и патентообладатель Всесоюзный научно-исследовательский и проектно-технологический институт по использованию техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве и государственный институт прикладной химии. № 4040859; заявл. 18.02.1986, зарегистрировано 01.12.1987.

11. Прохоренков В.Д., Вигдорович В.И. Рекомендации по разработке и применению консервационных материалов для защиты сельскохозяйственной техники от коррозии на основе использования побочных продуктов различных химических и нефтехимических производств и отработанных масел. Тамбов. 1998. – 48 с.

12. В.И. Вигдорович, Л.Г. Князева, А.Н. Зазуля, Л.Е. Цыганкова, Н.В. Шель, В.Д. Прохоренков, В.В. Остриков. Научные основы и практика создания антикоррозионных консервационных материалов на базе отработанных нефтяных масел и растительного сырья. Тамбов: Изд-во Першина Р.В. 2012. – 325 с.

13. Гигиенические нормативы "Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны ГН 2.2.5.1313-03 (с изменениями на 16 сентября 2013 года). Режим доступа: http://www.rg.ru/2013/11/04/koncentracii-site-dok.html

14. Вредные вещества в промышленности. Справочник, т.II. – М.: Химия. 1976. – 624 с.

15.Фукс И.Г. Экологические проблемы рационального использования смазочных материалов. М.: ГОССТАНДАРТ, 1988. -76 с.

16. Вигдорович В.И., Остриков В.В., Лунин В.В., Цыганкова Л.Е., Прохоренков В.Д., Петрашев А.И., Зазуля А.Н., Мищенко С.В., Князева Л.Г., Акользин А.П. Научные основы ресурсосберегающих экологически безопасных технологий утилизации отработанных масел с получением вторичных продуктов с заданными свойствами. Монография, Тамбов: Изд. Першина Р.В. 2011. 159 с.

17. Warne T.M., Halder C.A. – Labrication Enjgineering. 1986. v. 42. № 2. З. 97 – 103.

18. Прохоренков В.Д., Князева Л.Г., Клиот М.Б., Вигдорович В.И. Оценка воздействия на окружающую среду процессов хранения и противокоррозионной защиты сельскохозяйственной техники. Сообщение 1. Экологическая характеристика защитных составов. // Практика противокоррозионной защиты. 2001. № 1 (19). С. 23 – 29.

19. Прохоренков В.Д., Князева Л.Г., Клиот М.Б., Вигдорович В.И., Болдырев А.В. Оцен-

ка воздействия на окружающую среду процессов хранения и противокоррозионной защиты сельскохозяйственной техники. Сообщение 2. Выбросы загрязняющих веществ в биосферу. // Практика противокоррозионной защиты. 2001. № 2 (20). С. 28 – 34.

20. Методические указания по определению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу из резервуаров. - Новополоцк: МП. "Белинэкомп", 1998.

21. Методика расчета выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу при нанесении лакокрасочных материалов (по величинам удельных выделений). Санкт.- Петербург. 1999.

22. Методика расчета концентрации в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий (ОНД-86). Л.: Гидрометеоиздат, 1987 – 93 с.

23. Государственный комитет российской федерации по охране окружающей среды. Методические указания по расчету платы за неорганизованный сброс загрязняющих веществ в водные объекты. М.: 1998.

24. РД 153-34.1-02.204-00. Методические указания по нормированию сбросов загрязняющих веществ со сточными водами предприятий тепловых сетей. М.: 2002.

25. СанПиН 2.1.5.980-00 "2.1.5. Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод" (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 22 июня 2000г.).

26. Государственный комитет российской федерации по рыболовству. Приказ от 28 апреля 1999 г. n 96 о рыбохозяйственных нормативах.

27. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2041-06

References

1. Rozenfel'd I.L. Atmosfernaja korrozija metallov. M.: Izd-vo AN SSSR. 1960. 372 s.

2. Prohorenkov V.D., Knjazeva L.G., Vigdorovich V.I. Dostupnye protivokorrozionnye materialy dlja zashhity sel'skohozjajstvennoj tehniki ot atmosfernoj korrozii. // Praktika protivokorrozionnoj zashhity. 2003. № 3. S. 51 - 54.

3. Vigdorovich V.I., Knjazeva L.G., Cygankova L.E., Golovchenko A.O., Prohorenkov V.D. Zashhitnaja jeffektivnost' masljanyh kompozicij v uslovijah atmosfernoj korrozii uglerodistoj stali. Sostavy na osnove otrabotavshih masel. // Praktika protivokorrozionnoj zashhity. 2010. № 4(58). S. 15 - 26.

4. Prohorenkov V.D., Knjazeva L.G., Petrashev A.I., Vigdorovich V.I., Epifancev S.S. Zashhita ot atmosfernoj korrozii otrabotannymi maslami, ingibirovannymi produktami ih ochistki. Soobshhenie 1. Ocenka fiziko-himicheskih svojstv ostatochnyh produktov ochistki i regeneracii otrabotannyh motornyh masel. // Praktika protivokorrozionnoj zashhity. 2005. № 4 (38). S. 39 - 49.

5. Prohorenkov V.D., Knjazeva L.G., Vigdorovich V.I., Epifancev S.S. Zashhita ot atmosfernoj korrozii otrabotannymi motornymi maslami, ingibirovannymi produktami ih ochistki. Soobshhenie 3. Zashhitnye svojstva konservacionnyh sostavov na osnove otrabotannogo motornogo masla i POOM. // Zh. Praktika protivokorrozionnoj zashhity. 2006. № 2 (39). S. 16 - 22.

6. Prohorenkov V.D., Knjazeva L.G., Petrashev A.I., Ostrikov V.V., Vigdorovich V.I. Zashhita ot atmosfernoj korrozii otrabotannymi maslami, ingibirovannymi produktami ih ochistki. Soobshhenie 5. Tehnologii poluchenija i primenenija produktov ochistki otrabotannyh masel. // Praktika protivokorrozionnoj zashhity. 2006. № 3 (41). S. 38 - 43.

7. Knjazeva L.G., Vigdorovich V.I., Prohorenkov V.D. Ingibirovanie korrozii otrabotavshimi motornymi maslami. // Korrozija: materialy, zashhita. 2010. № 10. S. 25 - 30.

8. Knjazeva L.G., Vigdorovich V.I., Petrashev A.I., Ostrikov V.V., Prohorenkov V.D. Tehnologicheskie aspekty poluchenija i primenenija antikorrozionnyh pokrytij na baze produktov ochistki otrabotavshih motornyh masel. // Korrozija: materialy, zashhita. 2010. № 12. S. 1 - 3.

9. Knjazeva L.G., Akol'zin A.P., Vigdorovich V.I., Shel' N.V. Nekotorye problemy ingibirovanija atmosfernoj korrozii stali otrabotavshimi motornymi maslami. // Praktika protivokorrozionnoj zashhity. 2012. № 1(63). S. 60 - 65.

10. Avtorskoe svidetel'stvo № 1385607. S 10M 133/06//(S 10 M 133/06, 127:02) S10 N 30 :12. «Protivokorrozionnaja prisadka « Jemul'gin» k maslam [Text]. / Prohorenkov V.D.; zajavitel' i patentoobladatel' Vsesojuznyj nauchno-issledovatel'skij i proektno-tehnologicheskij institut po ispol'zovaniju tehniki i nefteproduktov v sel'skom hozjajstve i gosudarstvennyj institut prikladnoj himii. № 4040859; zajavl. 18.02.1986, zaregistrirovano 01.12.1987.

11. Prohorenkov V.D., Vigdorovich V.I. Rekomendacii po razrabotke i primeneniju konservacionnyh materialov dlja zashhity sel'skohozjajstvennoj tehniki ot korrozii na osnove ispol'zovanija pobochnyh produktov razlichnyh himicheskih i neftehimicheskih proizvodstv i otrabotannyh masel. Tambov. 1998. – 48 s.

12. V.I. Vigdorovich, L.G. Knjazeva, A.N. Zazulja, L.E. Cygankova, N.V. Shel', V.D. Prohorenkov, V.V. Ostrikov. Nauchnye osnovy i praktika sozdanija antikorrozionnyh konservacionnyh materialov na baze otrabotannyh neftjanyh masel i rastitel'nogo syr'ja. Tambov: Izd-vo Pershina R.V. 2012. – 325 s.

13. Gigienicheskie normativy "Predel'no dopustimye koncentra-cii (PDK) vrednyh veshhestv v vozduhe rabochej zony GN 2.2.5.1313-03 (s izmenenijami na 16 sentjabrja 2013 goda). Rezhim dostupa: http://www.rg.ru/2013/11/04/koncentracii-site-dok.html

14. Vrednye veshhestva v promyshlennosti. Spravochnik, t.II. – M.: Himija. 1976. – 624 s.

15.Fuks I.G. Jekologicheskie problemy racional'nogo ispol'zovanija smazochnyh materialov. M.: GOSSTANDART, 1988. -76 s.

16. Vigdorovich V.I., Ostrikov V.V., Lunin V.V., Cygankova L.E., Prohorenkov V.D., Petrashev A.I., Zazulja A.N., Mishhenko S.V., Knjazeva L.G., Akol'zin A.P. Nauchnye osnovy resursosberegajushhih jekologicheski bezopasnyh tehnologij utilizacii otrabotannyh masel s polucheniem vtorichnyh produktov s zadannymi svojstvami. Monografija, Tambov: Izd. Pershina R.V. 2011. 159 s.

17. Warne T.M., Halder C.A. – Labrication Enjgineering. 1986. v. 42. № 2. Z. 97 – 103.

18. Prohorenkov V.D., Knjazeva L.G., Kliot M.B., Vigdorovich V.I. Ocenka vozdejstvija na okruzhajushhuju sredu processov hranenija i protivokorrozionnoj zashhity sel'skohozjajstvennoj tehniki. Soobshhenie 1. Jekologicheskaja harakteristika zashhitnyh sostavov. // Praktika protivokorrozionnoj zashhity. 2001. № 1 (19). S. 23 – 29.

19. Prohorenkov V.D., Knjazeva L.G., Kliot M.B., Vigdorovich V.I., Boldyrev A.V. Ocenka vozdejstvija na okruzhajushhuju sredu processov hranenija i protivokorrozionnoj zashhity sel'skohozjajstvennoj tehniki. Soobshhenie 2. Vybrosy zagrjaznjajushhih veshhestv v biosferu. // Praktika protivokorrozionnoj zashhity. 2001. № 2 (20). S. 28 – 34.

20. Metodicheskie ukazanija po opredeleniju vybrosov zagrjaznjajushhih ve-shhestv v atmosferu iz rezervuarov. - Novopolock: MP. "Belinjekomp", 1998.

21. Metodika rascheta vydelenij (vybrosov) zagrjaznjajushhih veshhestv v atmosferu pri nanesenii lakokrasochnyh materialov (po velichinam udel'nyh vydelenij). Sankt.- Peterburg. 1999.

22. Metodika rascheta koncentracii v atmosfernom vozduhe vrednyh ve-shhestv, soderzhashhihsja v vybrosah predprijatij (OND-86). L.: Gidrometeoizdat, 1987 – 93 s.

23. Gosudarstvennyj komitet rossijskoj federacii po ohrane okruzhajushhej sredy. Metodicheskie ukazanija po raschetu platy za neorganizovannyj sbros zagrjaznjajushhih veshhestv v vodnye ob#ekty. M.: 1998.

24. RD 153-34.1-02.204-00. Metodicheskie ukazanija po normirovaniju sbrosov zagrjaznjajushhih veshhestv so stochnymi vodami predprijatij teplovyh setej. M.: 2002.

25. SanPiN 2.1.5.980-00 "2.1.5. Vodootvedenie naselennyh mest, sani-tarnaja ohrana vodnyh ob#ektov. Gigienicheskie trebovanija k ohrane poverh-nostnyh vod" (utv. Glavnym gosudarstvennym sanitarnym vrachom RF 22 ijunja 2000g.).

26. Gosudarstvennyj komitet rossijskoj federacii po rybolovstvu. Prikaz ot 28 aprelja 1999 g. n 96 o rybohozjajstvennyh normativah.

27. Predel'no dopustimye koncentracii (PDK) himicheskih veshhestv v pochve. Gigienicheskie normativy GN 2.1.7.2041-06

УДК 665.004.5

КОВАЛЕНКО В.П., УЛЮКИНА Е.А.

РАЗДЕЛЕНИЕ ПРОДУКТОВ ЗАЧИСТКИ СКЛАДСКИХ РЕЗЕРВУАРОВ И ТРАНСПОРТНЫХ ЦИСТЕРН ДЛЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ С ПОМОЩЬЮ ДИНАМИЧЕСКОГО БАКА-ОТСТОЙНИКА

Коваленко Всеволод Павлович,
профессор кафедры Автомобильный транспорт
ФБГОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, д.т.н, профессор.
e-mail: v.kovalencko@yandex.ru
Улюкина Елена Анатольевна,
зав. кафедрой инженерной химии
ФБГОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, д.т.н, доцент.
e-mail: elenaulykina@rambler.ru

Реферат. *Загрязнения в нефтепродуктах, применяемых при эксплуатации различных машин и механизмов, отрицательно влияют на работоспособность этой техники и тем самым снижают эффективность её использования. Проведенные экспериментальные исследования показали, что целесообразно последовательно применять предварительную очистку нефтесодержащих жидкостей в гравитационных отстойниках, их доочистку с помощью жидкостной фильтрации и биохимическую утилизацию образовавшихся при этом концентрированных нефтеотходов. Предварительная гравитационная очистка обеспечивает эффективное удаление из промывочной жидкости твёрдых частиц загрязнений. Одновременно протекает процесс седиментации эмульгированных в жидкости нефтяных загрязнений, что способствует их частичному удалению.*

Представлена математическая модель разделения водо-нефтяной эмульсии, предложена конструкция динамического бак-отстойника. Определение оптимального угла наклона пластины и вертикального зазора между пластинами осуществлялось экспериментально, в емкости лабораторной установки, имитирующей динамический бак-отстойник, монтировали три пары пластин длиной 210 мм с различным углом наклона: 45о, 30о и 15о, изменение зазора между ними осуществлялось при помощи микрометрического приспособления в интервале от 2 до 5 мм.

В результате проведенных экспериментов установлено, что наибольшая эффектив-

ность очистки промывочной жидкости от твердых частиц в динамическом баке-отстойнике достигается при угле наклона пластин, равном 45о, содержание механических загрязнений составляет 0,29-0,3 % (масс.), а максимальный размер частиц – 25-30 мкм.

Проведенные экспериментальные исследования показали, что очистка нефтесодержащей жидкости от твердых частиц и эмульгированного в ней нефтепродукта с помощью динамического бака-отстойника позволяет удалить значительное количество твердых загрязнений с размером частиц более 25 – 30 мкм и отделить свыше 30% нефтепродукта, однако для достижения установленных норм его содержания требуется применение дополнительных устройств, например, жидкостного фильтра или флотационной установки.

***Ключевые слова**: разделение водо-нефтяной смеси, утилизация нефтесодержащих вод.*

KOVALENCKO V.P., ULYUKINA E.A.

SEPARATION OF THE PRODUCTS STRIPPING SEPARATION OF THE PRODUCTS STRIPPING STORAGE VESSELS AND TANKS FOR THE TRANSPORT OF OIL WITH THE HELP OF THE DYNAMIC SUMP TANK

Kovalenko Vsevolod Pavlovich,
Professor Department of Road Transport
FBGOU IN RGAU-ICCA them. KA Timiryazev, Doctor of Technical Sciences, Professor.
e-mail: v.kovalencko@yandex.ru
Ulyukina Elena Anatolevna,
Head. the Department of Chemical Engineering
FBGOU IN RGAU-ICCA them. KA Timiryazev, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor.
e-mail: elenaulykina@rambler.ru

***Abstract**. Contamination in petroleum products used in the operation of various machines and mechanisms, adversely affect the serviceability of this equipment and thereby reduce the efficiency of its use. Experimental studies have shown that it is advisable to consistently apply pre-treatment of oily liquids in a gravitational sedimentation tanks, tertiary treatment using liquid filtration and biochemical recycling parts of concentrated waste. Advanced gravitational cleaning provides effective removal of the washing liquid particulate contaminants. At the same time, is the process of sedimentation emulsified in the liquid oil pollution, which contributes to their partial removal.*

The mathematical model of separation of water-oil emulsion, the proposed design of the dynamic tank. Determination of the optimal tilt angle of the plate and the vertical gap between the plates was carried out experimentally, in the capacity of the laboratory setup simulating dynamic tank-sump, mounted three pairs of plates with a length of 210 mm with different angle: 45°, 30° and 15°, the change of the gap between them was carried out using a micrometer fixture in the range from 2 to 5 mm.

As a result of the experiments found that the highest cleaning efficiency of the wash liquid from solid particles in dynamic tank is achieved when the angle of inclination of the plates equal to 45°, the content of mechanical impurities is 0.29 to 0.3 % (mass.), and the maximum particle size of 25-30 microns.

Experimental studies have shown that purification of oily liquid from solid particles and emulsified oil in it with dynamic tank has a sump allows you to remove a significant amount of particulate contaminants with a particle size of more than 25 – 30 microns and separating more than 30% of the oil product, but to achieve the established norms of its contents requires the use of additional devices, for example, liquid filter or flotation units.

Keywords*: separation of oil-water mixtures, waste oil containing water.*

Введение.

Остаточные загрязнения, накопление которых в нефтепродуктах происходит в процессе их транспортирования и хранения, играют значительную роль в снижении чистоты этих продуктов [1-5]. Для удаления остаточных загрязнений из складских и транспортных емкостей разработаны достаточно эффективные способы, однако утилизация образовавшихся в результате этой очистки нефтесодержащих жидкостей, а также пластичных и твердых отходов связана со значительными трудностями.

Всем существующим методам очистки и утилизации нефтесодержащих жидкостей присущи определенные недостатки, не позволяющие осуществить этот процесс с высокой эффективностью при минимальных трудозатратах и без использования сложного оборудования, поэтому перспективным является применение комплексных методов очистки, совместное использование которых позволит получить максимальный эффект. Проведенные экспериментальные исследования показали, что целесообразно последовательно применять предварительную очистку нефтесодержащих жидкостей в гравитационных отстойниках, их доочистку с помощью жидкостной фильтрации и биохимическую утилизацию образовавшихся при этом концентрированных нефтеотходов.

Предварительная гравитационная очистка обеспечивает эффективное удаление из промывочной жидкости твёрдых частиц загрязнений. Одновременно протекает процесс седиментации эмульгированных в жидкости нефтяных загрязнений, что способствует их частичному удалению.

Движение разделяемых компонентов эмульсионно-дисперсионной смеси в процессе гравитационной очистки описывается известными уравнениями гидродинамики [6]. Вертикальное перемещение твердой частицы в процессе ее осаждения в отстойнике описывается выражением:

$$dh = W_{oc} d\tau_{oc} \quad (1)$$

где h – путь пройденный частицей при осаждении, м; Woc – скорость осаждения частицы в статическом баке-отстойнике, м/с; τос – продолжительность осаждения частицы, Скорость осаждения частицы зависит от величины сил, действующих на нее в процессе осаждения. На каждую частицу действует сила тяжести, вектор которой направлен вертикально вниз, подъемная сила и сила сопротивления среды, векторы которых направлены вертикально вверх.

Сила тяжести, действующая на частицу, равна

$$G = c_{об} d_ч^3 g \rho_ч \quad (2)$$

где $d_ч$ – характерный размер частицы (диаметр равнообъёмного шара), м; $c_{об}$ – коэффициент объёма, характеризующий отклонение формы частицы от сферической формы (соотношение объемов сферической и реальной частиц с одинаковой массой); $\rho_ч$ – плотность частицы, кг/м^3.

Подъемная сила, действующая на частицу в соответствии с законом Архимеда, равна:

$$A = c_{об} d_ч^3 g \rho_{ж} \quad (3)$$

где $\rho_{ж}$ – плотность промывочной жидкости, кг/м^3.

Соответственно объёмная сила, действующая на частицу при осаждении, равна:

$$F_{об} = G - A = c_{об} d_ч^3 g (\rho_ч - \rho_{ж}) \quad (4)$$

Сила сопротивления среды зависит от режима движения частицы и физических свойств жидкости. Если считать, что при достаточно малых размерах частицы ее осаждение будет

происходить в условиях ламинарного движения, можно рассматривать силу сопротивления среды как сумму сил трения между частицей и жидкостью:

$$F_c = \frac{\lambda \rho_ж c_п d_ч^3 W_{ос}}{2} \quad (5)$$

где λ – коэффициент сопротивления жидкой среды; $W_{ос}$ – скорость осаждения частицы, м/с; $c_п$ – коэффициент поверхности, характеризующий соотношение между поверхностью частицы и поверхностью равнообъёмного шара.

При постоянной скорости осаждения частицы, когда сила сопротивления среды будет равна разности сил тяжести и подъемной силы, справедливо равенство

$$c_{об} d_ч^3 g(\rho_ч - \rho_ж) = \frac{\lambda \rho_ж c_п d_ч^3 W_{ос}}{2} \quad (6)$$

Известно [1] , что при ламинарном режиме осаждения частицы коэффициент сопротивления среды, определенный экспериментально, равен

$$\lambda = \frac{24}{\mathrm{Re}} = \frac{24 \mu_ж}{W_{ос} \psi d_ч \rho_ж} \quad (7)$$

где Re – критерий Рейнольдса, характеризующий гидродинамическое подобие при движении потоков жидкости (в рассматриваемом случае при обтекании осаждающейся частицы промывочной жидкостью); $\mu_ж$ – динамическая вязкость жидкости, Н·с/м^2; $\psi = \frac{c_п}{c_{об}}$ – коэффициент формы частицы.

Подставив значение коэффициента сопротивления среды, полученное по формуле (7) в уравнение (6), можно определить скорость осаждения частицы в промывочной жидкости:

$$W_{ос} = \frac{g d_ч^2 (\rho_ч - \rho_ж)}{18 \mu_ж} \psi \quad (8)$$

Полученное выражение аналогично известному закону Стокса, описывающему процесс осаждения твердых частиц в жидкости.

Поскольку величины $\mu_ж$, $\rho_ж$ и $\rho_ч$, характеризующие свойства промывочной жидкости и загрязняющих его твердых частиц для конкретных условий эксплуатации практически постоянны, выражение (8) можно представить в виде:

$$W_{ос} = k d_ч^2 \quad (9)$$

где $k = \frac{g \psi (\rho_ч - \rho_ж)}{18 \mu_{жс}}$, то есть скорость осаждения частиц пропорциональна их размеру.

Процесс всплытия микрокапель нефтепродукта в отстойнике в первом приближении можно рассматривать как процесс, обратный осаждению твёрдых частиц, тогда выражение (1) примет вид:

$$dh = W_{всп} d\tau_{всп} \quad (10)$$

где $W_{всп}$ – скорость всплытия микрокапли нефтепродукта в отстойнике м/с; $\tau_{всп}$ – продолжительность всплытия, с.

Процесс всплытия нефтяных загрязнений в отстойнике протекает в соответствии с законом Стокса, однако его механизм отличается от процесса осаждения твердых загрязнений ввиду различного соотношения их плотности с плотностью промывочной жидкости и различного фазового состояния.

Объемная сила, действующая на сферическую микрокаплю нефтепродукта, имеет об-

ратный знак ввиду того, что плотность промывочной жидкости больше плотности нефтепродукта:

$$F_{об}=A-G=\frac{1}{6}\pi d_k^3 g(\rho_н-\rho_ж) \quad (11)$$

где $d_к$ – диаметр сферической микрокапли нефтепродукта, м; $\rho_н$ – плотность нефтепродукта, кг/м^3.

В системе «промывочная жидкость – нефтепродукт» на поверхности микрокапли нефтепродукта будут возникать перемещения нефтепродукта внутри микрокапли, влияющие на скорость ее всплытия из-за увеличения силы сопротивления среды движению микрокапли в промывочной жидкости. Величина силы сопротивления среды с учетом тормозящего воздействия поверхностных потоков внутри микрокапли нефтепродукта будет иметь вид

$$F_c=\pi\mu_ж W_{всп} d_к \frac{2\mu_ж+3\mu_н}{\mu_ж+\mu_н} \quad (12)$$

где $\mu_н$ – динамическая вязкость нефтепродукта, Н·с/м^2.

Тогда уравнение, аналогичное выражению (8), примет вид

$$W_{всп}=\frac{gd_к^2(\rho_н-\rho_ж)}{6\mu_ж}\frac{\mu_ж+\mu_н}{3\mu_ж+2\mu_н} \quad (13)$$

В выражении (13) не рассматриваются поверхностные явления молекулярного характера и электрокинетические явления. Однако отмечается [7], что отклонения скорости движения капли в жидкой среде с учётом этих явлений составляют не более ±10%, поэтому для практических целей при расчёте продолжительности всплытия микрокапель нефтепродукта в промывочной жидкости целесообразно пользоваться выражением (13).

Проведенные исследования показывают, что использование статического отстойника, являющегося устройством периодического действия, для гравитационной очистки нефтесодержащей промывочной жидкости недостаточно эффективно, так как связано со значительными затратами времени. Следует использовать для этой цели устройство непрерывного действия – динамический бак-отстойник.

При использовании динамических отстойников требуется гораздо меньше времени, так как процесс очистки и процесс выдачи жидкости из бака-отстойника протекают одновременно, и полное осаждение твёрдых частиц загрязнений будет осуществляться при условии:

$$\tau_п > \tau_{ос} \quad (14)$$

где $\tau_п = V_{от}/Q$ – продолжительность пребывания жидкости в баке-отстойнике, с; $V_{от} = l\cdot b\cdot h$ – объём жидкости в баке-отстойнике, м^3; l и b – соответственно длина и ширина бака-отстойника, м; h – уровень жидкости в баке-отстойнике; Q – пропускная способность бака-отстойника, м^3/с.

Для ламинарного режима течения жидкости в динамическом баке-отстойнике условие полного осаждения твёрдых частиц загрязнений примет вид:

$$l\cdot b\cdot h/Q > h/W_{ос} \text{ или } Q < l\cdot b\cdot W_{ос}, \quad (15)$$

то есть пропускная способность динамического бака-отстойника пропорциональна площади его поверхности и не зависит от уровня очищаемой жидкости.

Аналогичные зависимости можно получить для случая выделения микрокапель нефтепродукта из промывочной жидкости, если в уравнении (14) продолжительность осаждения твердых частиц τос заменить на продолжительность всплытия микрокапель нефтепродукта $\tau_{всп}$.

Высокая эффективность очистки жидкости достигается в динамических отстойниках при тонкослойном осаждении загрязнений, которое обеспечивается использованием наклонного пакета параллельных пластин, что существенно увеличивает площадь рабочей поверхности бака-отстойника (рис.1).

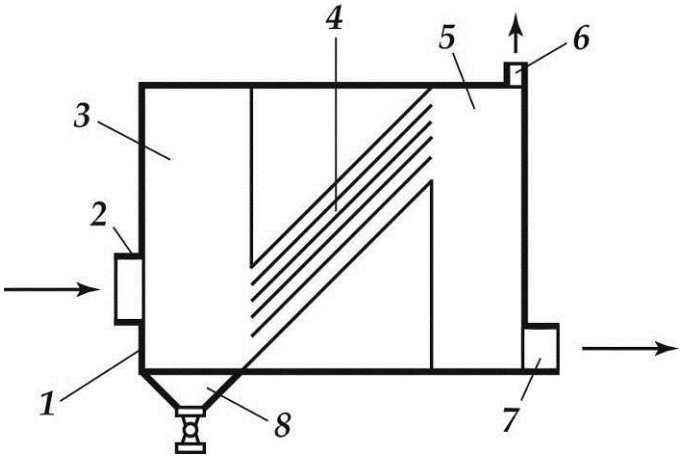


Рис. 1. Схема динамического бака-отстойника пластинчатого типа: 1 – корпус; 2 – входной патрубок; 3 – входная камера; 4 – пакет пластин; 5 – разделительная камера; 6 – патрубок для выхода нефтепродукта; 7 – патрубок для выхода промывочной жидкости; 8 – отстойник со сливным вентилем.

В межпластиночном пространстве динамического отстойника поток жидкости совершает плоскопараллельное движение, а твердые частицы перемещаются под воздействием гидродинамической силы потока, направленной параллельно пластинам, и объёмной силы, направленной вертикально вниз. Осаждение частицы происходит при совместном воздействии указанных сил.

За скорость частицы под действием гидродинамической силы потока принимаем среднюю скорость потока в поперечном сечении межпластиночного пространства:

$$W_{пот} = Q/\ \delta b(n-1) \qquad (17)$$

где Q – пропускная способность динамического отстойника, м^3/с; м; δ – расстояние между пластинами, м; n – количество пластин в пакете, шт.

Вертикальную скорость частицы под действием объемной силы с учётом сопротивления потока жидкости можно с достаточной степенью точности найти по формуле (8).

Для твердой частицы, находящейся на входе в межпластиночное пространство в верхней его точке (рис. 2), условие ее осаждения на поверхность нижележащей пластины имеет вид:

$$W_{пот} \le \frac{LW_{ос}}{h_ч} \qquad (18)$$

где L – длина пластины, м; $h_ч = \frac{\delta}{\cos\alpha}$ - вертикальный путь, пройденный частицей при осаждении, м; α – угол наклона пластин, град.

После осаждения частицы на поверхность пластины она подвергается воздействию гидродинамической силы потока, продольной составляющей объёмной силы и силы сопротивления движению частицы по поверхности пластины (рис. 3), которые имеют следующие значения:

$$F_{пот} = \frac{\varphi}{4}\rho\pi d_ч^2 w_{пот}^2\,\psi \qquad (19)$$

$$F_{пр}=\rho_{ж}g(\frac{\rho_{ч}}{\rho_{ж}}-1)\frac{\pi d_{ч}^{3}}{6}\sin\alpha\ \psi \qquad (20)$$

$$F_{c}=f\,(F_{н}-F_{п}) \qquad (21)$$

где $F_{пот}$, $F_{пр}$ и F_{c} – соответственно гидродинамическая сила потока, продольная составляющая объёмной силы и сила сопротивления движению частицы, Н; $F_{н}=(\frac{\rho_{ч}}{\rho_{т}}-1)\frac{\pi d_{ч}^{3}}{6}\cos\alpha\ \psi$ - нормальная составляющая объёмной силы, Н; $F_{п}$ – лобовая подъёмная сила, Н; f = 0,7-0,8 – коэффициент трения; $w= 4W_{пот}\frac{d_{ч}}{\delta}$ – скорость потока в окрестностях осевшей частицы, м/с.

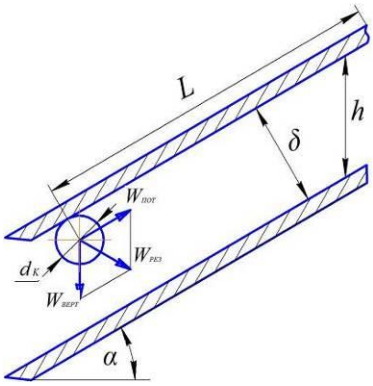


Рис. 2. Схема осаждения твёрдой частицы загрязнений в межпластиночном пространстве динамического бака-отстойника.

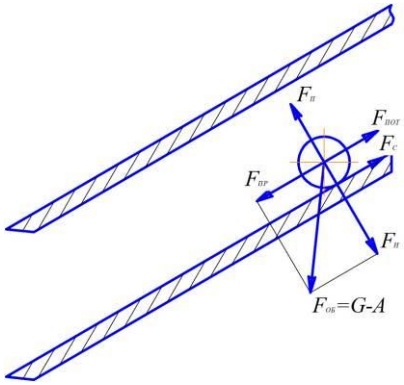


Рис. 3. Схема сил, воздействующих на твёрдую частицу после её осаждения на поверхность пластины

Если не учитывать влияние на частицу лобовой подъёмной силы, имеющей малую величину, то условие скатывания осаждённых частиц вдоль пластины и последующий их отвод с её поверхности произойдёт при условии:

$$F_{пр}\geq F_{пот}+F_{c} \qquad (22)$$

Механизм всплытия микрокапель нефтепродукта, их осаждения на нижнюю поверхность вышележащей пластины и удаления их с этой поверхности имеет особенности. Для определения условия всплытия микрокапли нефтепродукта следует использовать значение вертикальной скорости всплытия, полученное по формуле (13), и значение скорости потока, полученное по формуле (17), тогда условие всплытия микрокапли нефтепродукта, находящейся на входе в межпластиночное пространство в нижней его точке (рис.4), и её осаждения на нижнюю поверхность вышележащей пластины имеет вид:

$$W_{пот} < \frac{LW_{всп}}{h_к} \qquad (23)$$

где $h_к = \frac{\delta}{\cos\alpha}$ – вертикальный путь, пройденный микрокаплей, м.

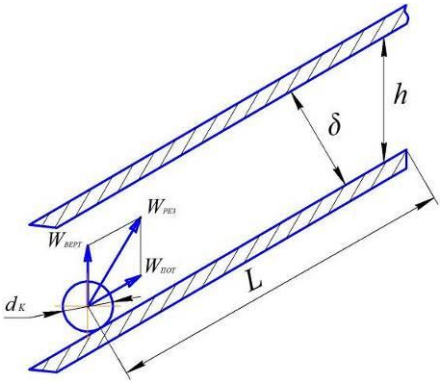


Рис. 4. Схема всплытия микрокапли нефтепродукта в межпластиночном пространстве динамического бака-отстойника.

При этом необходимо учитывать растекание капли по этой поверхности, зависящее от краевого угла смачивания (рис. 5).

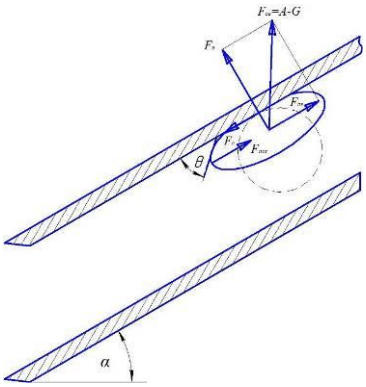


Рис. 5. Схема сил, воздействующих на микрокаплю нефтепродукта после ее осаждения на нижнюю поверхность пластины.

В данном случае суммарное сопротивление перемещению микрокапли по нижней поверхности пластины возрастет на силу сцепления капли с этой поверхностью, а выражение (22) примет вид:

$$F_{пр}+F_{пот}>F_c+F_{сц} \qquad (24)$$

Сила сцепления капли с поверхностью пластины, направленная перпендикулярно этой поверхности, для ограниченно растворимых друг в друге жидкостей, которыми являются промывочная жидкость (вода) и нефтепродукт, может быть приближённо найдена из выражения:

$$F_{сц}=(1 - \cos\Theta)б_{в\text{-}н}l \qquad (25)$$

где Θ - краевой угол смачивания, град; $б_{в\text{-}н}$ – поверхностное натяжение на границе «вода-нефтепродукт», Н/м; l – длина линии соприкосновения капли с пластиной после растекания, м.

По мере слияния капель при взаимном соприкосновении происходит их укрупнение и перемещение по поверхности пластины в соответствии с выражением (24), так как левая часть этого выражения увеличивается по мере возрастания объема капли. Установлено, что этот процесс происходит при условии, если угол наклона пластины не меньше определяемого по формуле:

$$\alpha = \mathrm{arctg}\, f \qquad (26)$$

При коэффициенте трения f=0,75 угол наклона пластин α=36,87о, то есть перемещение капли и её сход с нижней поверхности пластины при меньшем угле наклона невозможны.

Из выражения (18) следует, что основными конструктивными параметрами пакета пластин динамического бака-отстойника, являются длина пластины, угол ее наклона и зазор (расстояние между соседними пластинами).

Длина пластины выбирается из конструктивных соображений, исходя из габаритных размеров динамического бака-отстойника. Определение оптимального угла наклона пластины и вертикального зазора между пластинами осуществлялось экспериментально, в емкости лабораторной установки, имитирующей динамический бак-отстойник, монтировали три пары пластин длиной 210 мм с различным углом наклона: 45о, 30о и 15о, изменение зазора между ними осуществлялось при помощи микрометрического приспособления в интервале от 2 до 5 мм.

В результате проведенных экспериментов установлено, что наибольшая эффективность очистки промывочной жидкости от твердых частиц в динамическом баке-отстойнике достигается при угле наклона пластин, равном 45о, содержание механических загрязнений составляет 0,29-0,3 % (масс.), а максимальный размер частиц 25-30 мкм. Однако следует отметить, что данные, полученные при других углах наклона (в диапазоне 15о – 45о) различаются незначительно, изменение зазора между пластинами (от 2 до 5 мм) также не оказывает существенного влияния на содержание механических примесей. Это объясняется тем, что при увеличении угла наклона пластины увеличивается параллельная ее поверхности составляющая действующей на частицу объемной силы, но одновременно уменьшается продолжительность пребывания частицы в межпластиночном пространстве, а эти факторы оказывают на эффективность очистки противоположное воздействие, которое взаимно компенсируется. Аналогично, при уменьшении расстояния между пластинами уменьшается длина траектории осаждения частицы, но при этом возрастает скорость воздействующего на частицу потока очищаемой жидкости, а эти факторы также оказывают на эффективность очистки противоположное влияние и взаимно компенсируются.

Эффективность отделения нефтепродукта при использовании динамического бака-отстойника определялась путем анализа содержания нефтепродукта в эмульсии на входе в устройство и на выходе из него. Поскольку в отличие от твердых частиц, скатывание микрокапель нефтепродукта с поверхности пластины будет происходить при угле ее наклона не менее 37о, при проведении указанных экспериментов выбран угол наклона пластин 45о. Полученные результаты при начальном содержании нефтепродукта в эмульсии 90 г/л приведены в табл. 1.

Таблица 1 Содержание нефтепродукта в промывочной жидкости при ее очистке в динамическом баке-отстойнике в зависимости от расстояния между пластинами

Расстояние между пластинами, мм	Содержание нефтепродукта в эмульсии, г/л	Эффективность отделения нефтепродукта, %
2	56	37,8
3	55	38.9
4	55	38,9
5	50	44,4

Проведенные экспериментальные исследования показали, что очистка нефтесодержащей жидкости от твердых частиц и эмульгированного в ней нефтепродукта с помощью динамического бака-отстойника позволяет удалить значительное количество твердых загрязнений с

размером частиц более 25 – 30 мкм и отделить свыше трети нефтепродукта, однако для достижения установленных норм его содержания требуется применение дополнительных устройств, например, жидкостного фильтра или флотационной установки.

Список литературы

1. Повышение качества хранения светлых нефтепродуктов /С.А. Нагорнов, С.В. Романцова, А.Н. Зазуля, И.Г. Голубев. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 256 с.

2. 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.

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

4. 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.

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

6. Чугаев Р.Р. Гидравлика. Учебник для ВУЗов. – Л.: «Энергоиздат», 1982. – 672 с.

7. Большаков Г.Ф. Восстановление и контроль качества нефтепродуктов. – Л.: «Недра», 1974. – 320 с.

References

1. Povyshenie kachestva hranenija svetlyh nefteproduktov /S.A. Nagornov, S.V. Romancova, A.N. Zazulja, I.G. Golubev. – M.: FGNU «Rosinformagroteh», 2005. – 256 s.

2. Vigdorovich V.I., Romancova S.V., Nagornov S.A. Stabilizacija dizel'nogo topliva v uslovijah dlitel'nogo hranenija // Vestnik Tambovsk-go gos. un-ta. Ser.: Estestvennye i tehnicheskie nauki. – 1999. – T. 4. – Vyp. 3. – S. 312-315.

3. Jeffektivnoe ispol'zovanie nefteproduktov v sel'skom hozjajstve /S.A. Nagornov, S.V. Romancova, A.N. Zazulja, I.G. Golubev. – M.: FGNU «Rosinformagroteh», 2006. – 192 s.

4. Povyshenie jeffektivnosti raboty neftehozjajstv v APK. Nauchnoe izdanie. / S.A. Nagornov, A.N. Zazulja, S.V. Romancova, I.G. Golubev. – M.: FGNU «Rosinformagroteh», 2008. – 168 s.

5. Romancova S.V., Nagornov S.A. Organizacija hranenija sovremennyh topliv na sel'skohozjajstvennyh nefteskladah // Nauka v central'noj Rossii. – 2013. – № 2. – S. 43-49

6. Chugaev R.R. Gidravlika. Uchebnik dlja VUZov. – L.: «Jenergoizdat», 1982. – 672 s.

7. Bol'shakov G.F. Vosstanovlenie i kontrol' kachestva nefteproduktov. – L.: «Nedra», 1974. – 320 s.

УДК 636.083.3

КУРГУЗКИН В.Н., ФИЛИППОВА О.Б., САРАНЧИНА Е.Ф.

О НЕКОТОРЫХ ФАКТОРАХ, ПРОДЛЕВАЮЩИХ ПРОДУКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОРОВ

Кургузкин Владимир Николаевич
доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве».

Филиппова Ольга Борисовна
кандидат биологических наук, заведующая лабораторией, ФГБНУ «Всероссийский

научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве».
E-mail: filippova1968@mail.ru
Саранчина Екатерина Федоровна
кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве».

Реферат. *В обзорной статье представлена одна из самых актуальных проблем современного молочного скотоводства. Кроме решения вопросов полноценного кормления высокопродуктивных коров, увеличения продуктивности, необходимо обращать внимание также и на состояние здоровья животных. Интенсивная эксплуатация в условиях молочных комплексов часто приводит к сокращению продуктивной жизни коров.*

На первом месте остается проблема оптимизации кормления. Избыток, например, белка в рационе, приводит к нарушению функции пищеварительной системы не меньше, чем его недостаток. Для улучшения рубцового пищеварения необходимо не только соблюдать баланс основных питательных веществ, но и вводить дополнительно витамины и микроэлементы в зависимости от физиологической стадии. Не меньшее значение имеют условия содержания животных. Это касается в первую очередь микроклимата на ферме, освещенности, состояния полов, качество подстилки, расположения стойловых конструкций. Все эти факторы обеспечивают комфортное состояние у коров и позволяют им полноценно переваривать корм, избегать травмирования копыт. Чем меньше заболеваний и травм у животных, тем дольше они сохраняют продуктивное долголетие. А чем больше число лактаций у каждой из высокопродуктивных коров в стаде, тем выше рентабельность производства в целом.

Ключевые слова: *крупный рогатый скот, продуктивное долголетие, оптимизация рациона, микроклимат в животноводческом помещении.*

KURGUZKIN V.N., FILIPPOVA O.B., SARANCHINA E.F.

ON SOME OF THE FACTORS TO PROLONG THE PRODUCTIVE USE OF COWS

Kurguzkin Vladimir Nikolaevich,
Full Doctor of Agricultural Sciences, Senior Research Fellow of of Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture»
Filippova Olga Borisovna, PhD (Biology),
laboratory chief of Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture»
E-mail: filippova1968@mail.ru
Saranchina Ekaterina Fyodorovna,
PhD (Biology), leading research associate of of Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture»

Abstract. *In a review article presents one of the most urgent problems of the modern dairy farming. In addition to addressing the full feeding of highly productive cows, increase productivity, it is necessary to pay attention also to the health of animals. Intensive use in dairy complexes often reducing productive life cows. In the first place there is a problem of optimization of feeding. Excess, for example, protein in the diet, leads to dysfunction of the digestive system is not less than its disadvantage. To improve rumen digestion is necessary not only to maintain a balance of essential nutrients, but also to introduce additional vitamins and minerals, depending on the physiological stage. No less important are the conditions of the animals. This applies primarily microclimate on a*

farm, lighting, flooring state, litter quality, location stall designs. All these factors provide a comfortable condition in cows and allow them to fully digest food, to avoid injury to the hooves. The fewer diseases and injuries in animals, the longer they remain productive longevity. The more the number of lactations of each of high-producing cows in a herd, the higher the overall profitability.

Keywords: *cattle, productive longevity, optimizing diet, microclimate in the livestock area.*

Актуальность вопроса. В последнее время во многих регионах страны замедлился спад производства животноводческой продукции, и наметилась тенденция роста молочной продуктивности коров, улучшились показатели воспроизводства. В то же время наблюдается существенное сокращение сроков пожизненного использования коров не только в товарных хозяйствах, но и в ведущих племзаводах страны, где разводится крупный рогатый скот [1]. В стадах со средним удоем за 305 дней лактации продуктивное долголетие коров составляет в Германии 3,65 лактации, а в России во многих хозяйствах коровы используются менее 2,5 лактации [2,3]. Этой короткой продуктивной фазы недостаточно для рентабельного производства молока, поскольку большинство коров до третьей лактации ещё не достигают наивысшей продуктивности. Генетический потенциал коров не используется в полной мере из-за чрезмерной интенсификации и нарушения технологических процессов, особенно не оправданной продолжительности выращивания тёлок и поздней их случки. При удое 4000-5000 кг молока затраты на выращивание первотёлок окупаются за 2-3 года, а при удое 3000 кг молока - за 4-5 лактаций. В оптимальных условиях кормления и содержания продуктивность коров ежегодно повышается примерно до 6 лактаций, после чего удои постепенно снижаются, то есть использование животных менее 6 лактаций становится экономически не оправдано.

Долгоживущая молочная корова с высокой продуктивностью оставляет больше хороших потомков, чем менее долголетняя матка. Однако высокий уровень выбраковки животных приводит к тому, что выводятся из стада коровы, не достигшие максимальной продуктивности. При этом происходит быстрая смена поколений и снижается селекционный дифференциал, то есть разница между продуктивностью коров племенного ядра и средней продуктивностью стада. Кратковременное использование коров заставляет увеличивать поголовье ремонтных телок на замену, на содержание которых необходимо дополнительно расходовать труд, корма и другие материальные ресурсы.

Поэтому важнейшей задачей в молочном скотоводстве является решение проблемы сбалансированности увеличения производства молока и состояния здоровья животных, обеспечивающего продуктивное долголетие на оптимальном уровне.

Пути решения проблемы. Поддерживать надлежащий уровень воспроизводства, сохраняя при этом высокую молочную продуктивность возможно только при кормлении животных биологически полноценными кормами, способствующими продлению продуктивного использования коров в стаде не менее 4 лактаций. Здоровье коров напрямую связано с состоянием их рубцового пищеварения, которое невозможно оптимизировать без наличия в рационах достаточного количества объёмистых кормов. Энергетическая ценность грубых кормов на протяжении всего лактационного периода существенно влияет на продуктивность и воспроизводительные способности животных. При этом в 1 кг сухого вещества объёмистого корма обменная энергия должна составлять 10,5 МДж, оптимальное содержание клетчатки должно составлять 18-22%. Избыточное содержание клетчатки снижает переваримость и использование других питательных веществ рациона. Содержание сырого протеина в объёмистых кормах хорошего качества должно колебаться в пределах от 14 до 17% в 1 кг сухого

вещества. При белковом перекорме с одновременным дефицитом в рационе углеводов, макро-, микроэлементов изменяются процессы сбраживания клетчатки в рубце, количество масляной кислоты возрастает в 2 раза, резко уменьшается образование пропионовой кислоты (предшественника глюкозы) [4,5].

Известно, что из факторов кормления, влияющих на реализацию генетического потенциала продуктивности, главную роль играет обменная энергия -55%, затем протеин - 30% и минеральные вещества и витамины - 15%. По первым двум показателям (концентрации обменной энергии и содержанию сырого протеина в сухом веществе) в основном оценивают качество кормов. Наукой детально разработаны требования к качеству кормов для коров с годовым надоем от 4000 до 10000 кг молока и система их кормления. Системы кормления включают в себя ряд крупных подсистем, начиная от планирования кормопроизводства до подготовки кормов к скармливанию, способа их нормирования и раздачи.

У лактирующей коровы потребность в белке складывается из потребностей на поддержание жизни, образовании молока, прироста живой массы плода, а у молодых животных - на собственный рост. У жвачных животных около 60-75% белков и амидов корма расщепляется в рубце под действием ферментов микроорганизмов до аммиака. При этом около 90% его количества расходуется на синтез микробного протеина. Другая часть белков (25-40%) расщепляется в кишечнике до аминокислот, всасывается в кровь и расходуется на синтез тканевых белков [6].

Обмен белка неразрывно связан с обменом витаминов и минеральных веществ. Недостаток протеина способствует развитию гиповитаминоза витамина А. Недостаток витамина Е при дефиците в рационе серосодержащих аминокислот, приводит к дистрофии мышц. Недостаток белка оказывает влияние на усвояемость кальция. При избыточном поступлении белков с кормом печень превращает их в глюкозу и мочевину, которую почки выводят из организма. При этом страдают сердечнососудистая система, печень и почки, усиливаются процессы гниения в кишечнике, нарушается обмен витаминов. Избыток белка при недостатке углеводов отрицательно влияет на воспроизводство, способствует задержанию последа, ожирению печени, вызывает нарушение рубцового пищеварения и ухудшает качество молока.

Кроме полноценного кормления высокопродуктивных коров необходимо создать в помещении, где они содержатся, оптимальный воздушно-тепловой режим, благоприятно влияющий на состояние здоровья и продолжительность продуктивного использования коров в хозяйстве. В связи с этим при строительстве и реконструкции молочных ферм необходимо учитывать требования по освещённости ферм и использование искусственного света. Достигаются такие параметры освещённости за счёт устройства фрамуг и коньковой вентиляции, которая одновременно выполняет функции фонарного освещения, являясь при этом возбуждающим фактором для многих биохимических процессов живого организма, оказывает влияние на рост, здоровье, плодовитость, продуктивность и долголетие коров.

При реконструкции старых помещений при расчёте площади вентиляционных проёмов на каждую корову должно приходиться 0,6 м^2, а для коровников, защищённых от ветра другими строениями требуется 1м^2, проёма на корову. Системы по обеспечению вентиляции и освещённости помещений обеспечивают комфортные условия в коровниках для животных, позволяют избавить их от многих заболеваний, продлить срок их продуктивного долголетия [7].

При правильном содержании в оборудованном надлежащим образом коровнике, как ми-

нимум, 80% животных после дойки должны отдыхать в боксах. Лежащие коровы лучше пережёвывают жвачку, а через их вымя протекает больше крови. Плохо ухоженные боксы, неправильно установленные элементы стойлового оборудования снижают молочную продуктивность, уменьшают сроки использования коров. Правильное размещение поилок в коровнике имеет ключевое значение для получения максимальной продуктивности коров. Коровам для производства 1 литра молока необходимо потреблять около 3 литров воды, а летом даже 4 литра, что соответствует дневному потреблению от 80 до 170 литров воды. Коровы лучше пьют из открытых поилок, глубина воды в которых должна быть как минимум 15 см. Фронт выпойки при этом должен быть 6-10 см. Наибольшую жажду коровы испытывают после дойки.

Современные технологии содержания животных предъявляют высокие требования к микроклимату в животноводческих помещениях. По мнению ученых, специалистов животноводства и технологов, продуктивность животных на 50-60% определяется кормами, на 15-20% - уходом и на 10-30% - микроклиматом в животноводческом помещении. Отклонение параметров микроклимата от установленных пределов приводит к сокращению удоев молока на 10-20%, прироста живой массы - на 20-33%, увеличению отхода молодняка до 5-40%, расходу дополнительного количества кормов, сокращению срока службы оборудования, машин и самих зданий, снижению устойчивости животных к заболеваниям [8].

Современные животноводческие фермы – это частично открытые помещения, поэтому система водоснабжения фермы должна быть готова к минусовой температуре и защите системы водообеспечения от замерзания.

В последние годы в связи с реконструкцией старых помещений и строительством новых молочных комплексов произошёл рост количества травм и заболеваний копыт из-за экономии средств на устройство полов безопасных для конечностей коров. В большинстве случаев полы изготавливают из наливного бетона. Поверхность таких полов быстро изнашивается, становится слишком гладкой и скользкой, не даёт уверенности животным свободно передвигаться по ним. На таких полах животные из-за боязни поскользнуться двигаются по ним меньше, реже демонстрируют состояние охоты, ограничивают себя в уходе за телом.

Известно, что самые высокие затраты при производстве молока – это затраты на корм. Они составляют примерно 67% от всех затрат. Исследования показали, что высокопродуктивные коровы принимают корм до 12 раз в день и пребывают у кормового стола ежедневно 5 часов. Поэтому на кормовом столе фронт приёма корма для одной коровы должен составлять, как минимум, 65 см, а для коров, готовых к отёлу – 75 см и даже 1 метр. Область кормового стола, куда раздаётся корм, должна быть доведена до состояния вымытой до блеска тарелки и иметь гладкую и кислостойкую поверхность. Поэтому для зоны раздачи корма следует использовать специальный высококачественный бетон марки В-25 с нанесением на него специального защитного слоя эпоксидного клея, что предохранит язык коровы от травмирования [7].

Наблюдения показали, что количество механических травм у коров, содержащихся на резиновых матах, было на 80% ниже, чем у коров на бетонных полах. Хорошими качествами обладают матрасы, в которых используют новые, улучшенные комбинации резины из вспененного материала. Однако, согласно исследованиям, проведённым в Университете Британской Колумбии, больше всего коровам нравится глубокая подстилка из органического материала, такого как солома или опилки – на ней животные лежат наиболее долго. В европейских странах многие фермы возвращаются к использованию глубокой подстилки, применяя

различные методы снижения расходов на подстилочный материал и уменьшение риска заболевания коров маститом. При этом в основном используется песок, солома и измельчённый кормовой известняк [9].

Практика ведения молочного скотоводства на промышленной основе показала, что одной из основных болезней коров на молочных комплексах является мастит, который проявляется снижением продуктивности, повышением заболеваемости у телят, ухудшением качества молока. В молоке, полученном от больных коров, содержатся вещества, угнетающие развитие молочнокислых бактерий. Оно теряет ценность как исходный продукт для сыроварения. Мастит – одна из основных болезней, обуславливающих выбраковку животных - обычно 20-50% из всех выбракованных особей [10].

Причины появления маститов весьма разнообразны. Основным фактором, способствующим возникновению маститов, является нарушение условий машинного доения, а именно: неустойчивый рабочий вакуум, «жесткий» вакуумный режим и «сухое» доение. Нарушение технологии и правил машинного доения коров, может привести к травмированию сосков и развитию вначале безмикробного воспаления (скрытого, субклинического мастита), а затем и к возникновению мастита, вызванного бактериальным обсеменением поврежденных тканей [11,12,13].

Чтобы скорректировать режим доения в сторону наименьшего травмирующего действия необходимо учитывать индивидуальные физиологические особенности коров. Например, в экспериментальных исследованиях показателей молокоотдачи в период лактации установлено, что у здоровых коров в течение 260-270 дней максимальная интенсивность молоковыведения колеблется в небольших пределах (5-8%) и среднее ее значение может использоваться в алгоритмах управления в качестве показателя тугодойности животных. Для таких коров целесообразно использовать режим с повышенной длительностью такта сосания (до 85%), для легкодойных животных - необходимо снижение отсасывающей способности аппарата путем перехода на низковакуумный режим доения [14,15].

Заключение. В условиях интенсивных технологий на современных молочных комплексах коровы преждевременно выбывают из стада из-за заболеваний конечностей, заболеваний маститом, низкой продуктивности первотёлок, гинекологических заболеваний и других факторов. В кормопроизводстве главными являются вопросы повышения выхода питательных веществ, особенно энергии и белка. Высокая продуктивность и долголетие коров также во многом зависит от сбалансированности рационов по витаминам и минеральным веществам. Увеличение продолжительности жизни коров в стаде может проявиться только в условиях создания им оптимального воздушно-теплового режима в современных молочных комплексах. Оптимальный микроклимат обеспечивает максимальную конверсию корма в продукцию, высокую резистентность организма, длительный срок использования, снижение затрат на производство. Создание и поддержание микроклимата в животноводческих помещениях связаны с решением комплекса инженерно-технических задач и наряду с полноценным кормлением являются определяющим фактором в обеспечении здоровья животных, их воспроизводительной способности и получении от них максимального количества продукции высокого качества.

Уровень современных знаний о процессе молоковыведения, использование современных доильных установок и электронно-вычислительной техники, открывают возможности для управления процессом доения, как путем подбора стада, так и регулированием параметров доильных машин

Список литературы

1. Кудрин, А.Г. Зоотехнические основы повышения пожизненной продуктивности коров. М.: Колос. - 2007. - С.96.

2. Хайке Энгельс. Новое сельское хозяйство / Хайке Энгельс // Спецвыпуск «Современные молочные фермы». - 2007. - С.67.

3. Сельцов, В.И. Влияние методов разведения на продуктивное долголетие и пожизненную продуктивность коров / В.И. Сельцов, Н.В. Молчанов, Н.И. Сулима // Зоотехния. - №9. - 2013. - С.2.

4. Зазуля, А.Н. Инновационные технологии силосования зеленых кормов: методические рекомендации / А.Н. Зазуля, Е.Ф.Саранчина, В.Н. Кургузкин [и др.]. - Тамбов: ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии, 2013. - 70 с.

5. Кудрин, М. Роль микроклимата в продуктивности коров / М. Кудрин, С. Ижболдина // Животноводство России. - 2011. - №8. - С.33-34.

6. Булгакова, Г. Роль протеина в рационе КРС / Г. Булгакова // Комбикорма. - 2014. - №1. - С.68.

7. Кургузкин, В.Н. Внедрение передовых технологий для повышения экономической эффективности производства молока в хозяйствах разных форм собственности / В.Н. Кургузкин, Г.М. Шулаев, Е.Ф. Саранчина // Сб. научных докладов научно-практической конференции, 18 апреля 2012 года. – Тамбов: ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии, 2012. – С.13-25.

8. Мишуров, Н.П. Энергосберегающее оборудование для обеспечения микроклимата в животноводческих помещениях: научный аналитический обзор / Н.П.Мишуров, Т.Н.Кузьмина. - Москва, 2004. - URL:
http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/48/48339/

9. Роденбург, Дж. Новые виды подстилки для коров / Джек Роденбург // Молоко & Корма. Менеджмент. - 2011. - №4. - С.34-37.

10. Филиппова, О.Б. Изменение качественных показателей молока при различных формах заболевания коров маститом / О.Б. Филиппова, Е.И. Кийко // Главный зоотехник. - №9. - 2013. – С.40-43.

11. Филиппова, О.Б. К методике физиологической оценки доильного оборудования / О.Б. Филиппова, В.И. Доровских, Е.И. Кийко // Наука в центральной России. - №6. – 2014. – С. 53-60.

12. Филиппова, О.Б. Новое техническое решение для снижения заболеваемости коров маститом / О.Б. Филиппова, Е.И. Кийко, В.М. Радоманский // Наука в центральной России. - №6. - 2013. - С.4-7.

13. Филиппова, О.Б. К проблеме выбраковки коров про степени пригодности к машинному доению / О.Б. Филиппова, Е.И. Кийко // Главный зоотехник. - №5. – 2013. – С.14-17.

14. Доровских, В.И. Измерение отсасывающей способности доильных аппаратов / В.И Доровских, Д.В. Доровских // Наука в центральной России. 2013. №6. С. 21-27.

15. Доровских, В.И. Результаты исследования влияния режимов доения на процесс молоковыведения у коров / В.И Доровских, Д.В. Доровских, А.О. Аткешов // Наука в центральной России. - №3. – 2014. – С. 59-64.

References

1. Kudrin A.G. Zootechnical bases of increase of lifelong efficiency of cows. M.: Kolos. - 2007. - P. 96.

2. Heike Engels. New agriculture / Heike Engels // Special issue "Modern dairy farms". - 2007. – P. 67.

3. Seltsov, V.I. Influence of methods of cultivation on productive longevity and lifelong efficiency of cows / V.I. Seltsov, N.V. Molchanov, N.I. Sulima // Zootechniya. - № 9. - 2013. – P. 2.

4. Zazulya, A.N. Innovative technologies of siloing of green forages: methodical recommendations / A.N. Zazulya, E.F. Saranchina, V.N. Kurguzkin [and etc.]. - Tambov: GNU VNIITiN Rosselkhozakademiya's, 2013. - 70 p.

5. Kudrin, M. The value of a microclimate in efficiency of cows / M. Kudrin, S. Izhboldina // Zhivotnovodstvo Rossii. - 2011. - № 8. – P. 33-34.

6. Bulgakova G. The value of protein in the diet of cattle / G. Bulgakova // Kombikorma. - 2014. - №1. - P. 68.

7. Kurguzkin, V.N. The introduction of advanced technologies to improve the economic efficiency of milk production in farms of different forms of ownership/ V.N. Kurguzkin, G.M. Shulayev, E.F. Saranchina // Collection of scientific reports of scientific and practical conference, on April 18, 2012. – Tambov: GNU VNIITiN Rosselkhozakademiya's, 2012. – P.13-25.

8. Mishurov, N. P. The energy saving equipment for providing a microclimate in livestock buildings: scientific review / N.P. Mishurov, T.N. Kuzmina. - Moscow, 2004. – URL: http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/48/48339/

9. Rodenburg, Jack. New types of bedding for cows / Jack Rodenburg // Moloko & Korma. Management. - 2011. - № 4. - P. 34-37.

10. Filippova, O.B. Change the quality indicators of milk in various forms of the disease cows mastitis / O.B. Filippova, E.I. Kiyko // Glavnyiy zootehnik. - № 9. - 2013 - P.40-43.

11. Filippova, O.B. To assess the physiological method of milking equipment / O.B. Filippova, V.I. Dorovskih, E.I. Kiyko // Nauka v tsentralnoy Rossii. - № 6. – 2014. – P. 53-60.

12. Filippova, O.B. The new technical solution to reduce the incidence of mastitis cows / O.B. Filippova, E.I. Kiyko, V.M. Radomanskiy // Nauka v tsentralnoy Rossii. - № 6. - 2013. – P. 4-7.

13. Filippova, O.B. On the problem of cull cows about the suitability to machine milking / O.B. Filippova, E.I. Kiyko // Glavnyiy zootehnik. - №5. -2013 - P.14-17.

14. Dorovskih, V.I. Measuring suction capacity of milking machines / V.I. Dorovskih, D.V. Dorovskih // Nauka v tsentralnoy Rossii 2013. - № 6. - 2013. – P. 21-27.

15. Dorovskih, V.I. Results of the study on the effect of the process of milking cows in lactation / V.I. Dorovskih, D.V. Dorovskih, A.O. Atkeshov // Nauka v tsentralnoy Rossii 2013. - № 3. - 2014. – P. 59-64

УДК 621.899; 631.1

ОСТРИКОВ В.В., ПОПОВ С.Ю., САФОНОВ В.В., БАЛАБАНОВ В.И.

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ СМАЗОЧНАЯ КОМПОЗИЦИЯ

Остриков Валерий Васильевич,
доктор технических наук, заведующий лабораторией, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», E–mail: viitinlab8@bk.ru

Попов Сергей Юрьевич,
кандидат технических наук, научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве» E–mail: viitinlab8@bk.ru

Сафонов Валентин Владимирович,
доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Надежность и ремонт машин», декан факультета «Механизация сельского хозяйства и технический сервис" Саратовского ГАУ им. Н.И. Вавилова
E-mail: nirm@sgau.ru

Балабанов Виктор Иванович,
доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технологии и машины в растениеводстве» РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева.
E-mail: vbalabanov@timicad.ru

Реферат. *В статье изложены материалы исследований по разработке нового состава добавки к маслам, обеспечивающей снижение износа деталей цилиндропоршневой группы двигателей внутреннего сгорания, и продление сроков службы работающих моторных масел. На основании многолетних исследований установлено, что большинство существующих ремонтно-восстановительных составов в той или иной степени способствуют восстановлению изношенных поверхностей гильз поршней, коленчатых валов, снижая расход топлива, повышая компрессию, тем самым увеличивая ресурс работы машины. Однако данные методы безразборного ремонта пока не нашли широкого применения в сельскохозяйственном производстве по целому ряду известных причин. К тому же некоторые составы имеют крупнодисперсные включения, оседающие на фильтрах и центрифугах системы очистки масла, а работающие моторные масла содержат продукты окисления, которые снижают эффективность действия геомодификаторов. ФГБНУ ВНИИТиН, совместно с рядом ведущих ВУЗов страны, предложен новый подход и состав многофункциональной смазочной композиции (МСК). Внесение МСК производится малодозированным вводом в работающее моторное масло после определения технического состояния узла и свойтсв масла экспресс-методами. При этом удается в щадящем режиме удалять из масла смолы, асфальтены, карбены, карбоиды, практически не затрагивая остаточную базу присадок, не применяя специальных дополнительных технических средств и сложных технологий. Лабораторные и стендовые испытания МСК показали ее высокие физико-химические и трибологические свойства. Эксплуатационные испытания МСК в двигателях тракторов позволили установить снижение расхода топлива, угара масла и загрязненности выхлопных газов, а также увеличение сроков службы моторных масел. На основании испытаний разработан новый технологический процесс применения МСК в тракторах с различной степенью износа, являющийся малозатратным и адаптированным к реальным условиям эксплуатации машин в*

АПК.

Ключевые слова: *моторное масло; ремонтно-восстановительный состав; восстановление; смазочная композиция; трение; удаление продуктов окисления; износ; продление сроков службы.*

OSTRIKOV V.V., POPOV S.YU., SAFONOV V.V., BALABANOV V.I.

MULTI REPAIR AND RESTORATION LUBRICANT COMPOSITION

Ostrikov Valeriy Vasilevich,
Doctor of Technical Sciences,
Head of Laboratory, All - Russian Research Institute of technology and the use of oil in agriculture,
E-mail: viitinlab8@bk.ru
Popov Sergey Yurevich,
Candidate of Technical Sciences,
Researcher, All - Russian Research Institute of technology and the use of petroleum products in agriculture
E-mail: viitinlab8@bk.ru
Safonov Valentin Vladimirovich,
Doctor of Technical Sciences, Professor,
Head of the Department "Reliability and repair of machines," the dean of the faculty "Mechanization of agriculture and technical services"
Saratov State Agrarian University named N.I. Vavilov
E-mail: nirm@sgau.ru
Balabanov Viktor Ivanovich,
Doctor of Technical Sciences, Professor,
Head of the Department "Technology and equipment in crop" RGAU-ICCA them K.A. Timiryazev
E-mail: vbalabanov@timicad.ru

Summary*. The article presents research papers on the development of a new formulation of the additive for oils that reduce wear of the cylinder group of internal combustion engines, and the extension of the working life of engine oils. Based on years of research found that most of the existing repair compounds in varying degrees, contribute to the restoration of worn surfaces of the piston liners, crankshafts, reducing fuel consumption, increasing compression, thus increasing the service life of the machine. However, these methods dimension to repair is not widely used in agricultural production on a number of well-known reasons. In addition, some compositions have coarser inclusions, deposited on the filters and oil centrifuges purification systems, and operating motor oils contain oxidation products, which reduce the effectiveness of geomodifiers. FGBNU VNIITiN, together with a number of leading universities of the country, a new approach and a multifunctional lubricant composition (MSC). Adding WCS made low-dose input into the running engine oil after the determination of the technical state of the node, and a property of oil rapid methods. Thus it is possible to gently remove oil from the resins, asphaltenes, carbenes karboidy, almost without affecting the residual base additives, without using special additional hardware and sophisticated technology. Laboratory and bench testing MSCs showed its high physical-chemical and tribological properties. Performance tests MSCs in engines of tractors have established reduction in fuel consumption, oil fumes and exhaust pollution, and increase service life of engine oils. Based on the test, a new workflow application of MSCs in tractors with varying degrees of wear and tear, which*

is cost-effective and adapted to the actual operating conditions of machinery in agriculture.

Keywords: *motor oil; repair and rehabilitation staff; recovery; lubricating composition; friction; removing the oxidation products; wear; extension service.*

Введение. Развитие сельскохозяйственного производства напрямую зависит от состояния материально–технической базы хозяйств. В настоящее время основная масса сельхозпредприятий не имеет возможности проводить сложные технологические операции по восстановлению изношенных деталей двигателей внутреннего сгорания на собственном производстве [1].

Ремонт в специализированных коммерческих предприятиях является дорогостоящим и не всегда оправданным, с точки зрения качества, выполняемых работ. Медленно обновляющийся парк машин АПК, представленный в основном техникой запредельных сроков эксплуатации требует значительных затрат, покрывающих прибыль, получаемую при производстве сельскохозяйственной продукции [2].

Одним из направлений решения проблем продления сроков службы сельскохозяйственной техники, снижения затрат на ее эксплуатацию и ремонт являются профилактические меры снижения износа деталей двигателей и их частичное восстановление под действием ремонтно–восстановительных составов (РВС), вносимых в работающее моторное масло.

В настоящее время известно более 20 отечественных и зарубежных РВС разработанных, в основном, на основе минеральных компонентов, так называемые геомодификаторы [3]. РВС могут создавать антифрикционные покрытия толщиной от долей до 20 мкм, повышать ресурс и работоспособность изношенной техники. Образующиеся покрытия могут уменьшать силы трения, повышать мощность ДВС, снижать расход топливно-смазочных материалов, выброс вредных веществ в отработавших газах двигателей [4]. Однако, данные методы пока не нашли широкого распространения в сельскохозяйственном производстве по ряду известных субъективных и объективных причин и прежде всего:

- высокая стоимость трибопрепаратов и ремонтно–восстановительных составов иногда сопоставимая с затратами на традиционные методы ремонта;
- отсутствие конкретных границ эффективного применения трибопрепаратов и РВС в зависимости от степени износа деталей двигателя;
- отсутствие универсальных составов, способных восстанавливать изношенные детали не зависимо от степени износа, условий применения и не способствующих повышению свойств работающего моторного масла;
- отсутствие информации и фактов использования ремонтно–восстановительных составов в масштабах хозяйств, убедительно показывающих преимущества безразборных методов восстановления.

Большинство РВС представляют собой не что иное, как взвесь порошковых материалов в соответствующем носителе (осветительном керосине, минеральном масле и т.д.), которая, как и порошковые реметаллизанты, может задерживаться фильтрами, центрифугироваться и выпадать в осадок. Так, например, при безразборном восстановлении тепловозных дизелей разработчиками рекомендуется на период обработки вообще исключать из системы смазки фильтры тонкой очистки (центрифуги) моторного масла [5].

Материалы и методы. Всероссийский научно–исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве (ФГБНУ ВНИИТиН) в сотрудничестве с рядом НИИ и ВУЗов страны проводит анализ фактов применения различного рода составов, РВС, трибопрепаратов в сельскохозяйственном производстве. Делаются попытки

расширения опыта частного высокоэффективного использования безразборных методов восстановления, разрабатываются новые подходы, методы и составы многофункциональных смазочных композиций.

Основными направлениями поиска и разработки составов являются:

- разработка профилактических методов и составов, позволяющих снизить износ деталей машин в процессе их эксплуатации, корреспондирующихся с адекватными затратами и высокой эффективностью продления сроков службы техники;

- поиск и разработка составов, способных восстанавливать изношенные детали, изменяя их геометрию в строго регламентированных режимах и параметрах без отрицательных побочных явлений;

- разработка доступных методов определения целесообразности и границ эффективного применения трибопрепаратов, РВС;

- обобщение, выбор и разработка методов контроля процессов восстановления под действием РВС в условиях эксплуатации;

- разработка метода и ремонтно-восстановительного состава, способного при определенных условиях применения или снижать износ деталей машин или восстанавливать пограничные размеры поверхностей трения в зависимости от технического состояния машины, при этом продлевая сроки службы смазочного работающего масла.

Результаты. В соответствии с целями и задачами на этапе решения проблем совместно с Саратовским ГАУ им. Н. И. Вавилова разработана многофункциональная смазочная композиция МСК [6]. МСК позволяет решать вопросы профилактического применения состава мало дозированным вводом в работающее моторное масло через 100 часов наработки, снижая трение и износ деталей двигателя практически в два раза [7]. Введение МСК в загрязненное работающее моторное масло способствует временной дестабилизации действия моющее–диспергирующих присадок, позволяет укрупнять растворенные в масле смолы, асфальтены, карбены, карбоиды, тем самым создавать условия для их удаления из системы смазки встроенными, штатными средствами очистки масла в щадящем режиме воздействия на базу присадок [8].

Состав МСК при профилактическом применении позволяет повышать утраченные смазывающие свойства работающего моторного масла, создавая на поверхности трения масляную пленку толщиной в 1,5 раза превышающую исходное значение [9].

Испытания масел под воздействием МСК (рис. 1) показали, что противоизносные свойства моторного масла, оцениваемые по диаметру пятна износа ($Д_и$) на четырехшариковой машине трения в масле отработавшем 100 часов после внесения препарата и удаления примесей соответствовали значениям свежего масла, и далее, по мере наработки и обработки МСК, изменялись незначительно, несмотря на то, что изначально заложенные присадки естественно срабатывались.

Оценка смазывающих свойств моторного масла по потере массы колодок (рис. 2) на оборудовании и по методике Саратовского ГАУ им. Н. И. Вавилова показала, что на масле обработанном МСК наблюдается снижение износа более чем в 2 раза.

Испытания МСК в реальных условиях эксплуатации проводились на тракторах МТЗ-80 и их модификациях, работающих на различных видах работ в СХПК ПЗ «Пригородный» Тамбовского района Тамбовской области.

Оценка технического состояния тракторов, исходя из моделируемых условий отсутствия средств диагностики и возможности определения степени износа деталей цилиндро–

поршневой группы проводилась по таким характеристикам как: увеличение среднего расхода топлива более чем на 20 %, снижение компрессии более чем на 15 %, повышение угара масла на 30 %, высокая дымность отработанных газов. Оценка проводилась доступными методами с использованием цилиндра с делениями для определения расхода топлива, компрессометра, дымомера, угар масла определялся специальным щупом.

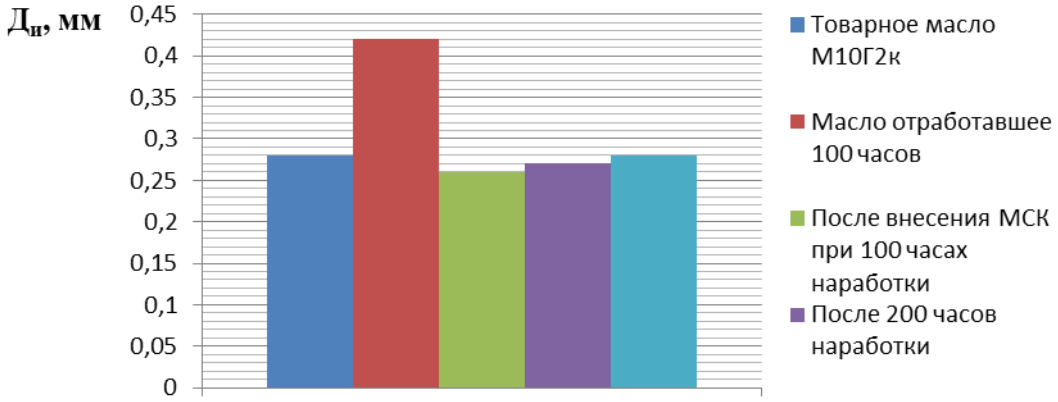


Рисунок 1 – Динамика изменения противоизносных свойств работающего моторного масла в зависимости от наработки при периодическом воздействии МСК

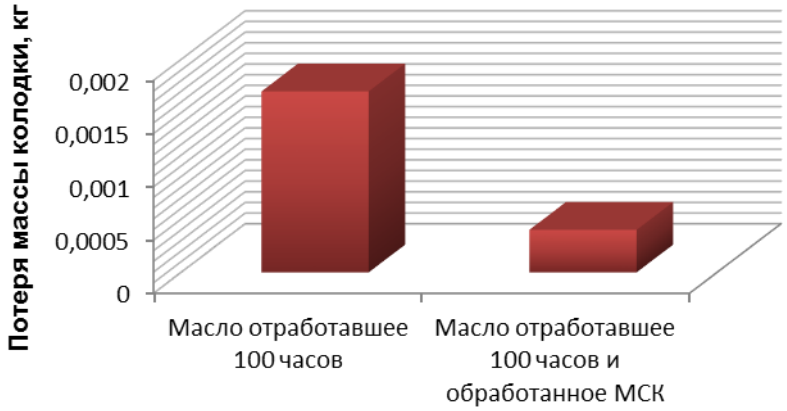


Рисунок 2 – Изменение массы колодок при испытаниях на загрязненном работавшем масле и масле, после обработки МСК

Остаточный запас эксплуатационных свойств работающего моторного масла и его загрязненность перед началом испытаний определялась экспресс-методами ФГБНУ ВНИИТиН [10].

Моделирование условий, отсутствия возможности в хозяйстве высокотехнологичных способов и оборудования для определения степени износа цилиндро–поршневой группы, предопределяло разделение технологического процесса внесения и восстановления изношенных деталей на два этапа – через 50 и 100 часов наработки, исходя из определения изменений таких показателей как расход топлива, компрессия в цилиндрах, угар масла, загрязненность по СО и СН выхлопных газов и щелочное число работающего в двигателе масла. Данный подход позволяет исключить необоснованное нерациональное проведение операций восстановления под действием РВС, т.к. его применение может быть нецелесообразно и требуется капитальный ремонт двигателя в силу значительного износа, а также избежать неоправданной передозировки, когда под действием трибопрепарата имеет место перегрев двигателя или даже его заклинивание.

На основании принятых условий и ограничений испытания проводились в 5 тракторах

до наработки 300 часов. Весь период наработки масло в картерах двигателей тракторов не менялось (табл. 1) [11].

Таблица 1 – Результаты испытаний смазочной композиции МСК в двигателях тракторов

Трактор	Показатели								
	Наработка 50 ч			Наработка 100 ч			Наработка 300 ч		
	РТ	К	У	РТ	К	У	РТ	К	н/н
МТЗ-80 (№ 1)	20/10*	31/12	25/15	12/н	8/н	12/н	н/н	н/н	н/н
МТЗ-80 (№ 2)	15/н	10/н	16/н	н/н	н/н	н/н	н/н	н/н	н/н
МТЗ-80 (№ 3)	29/16	34/18	27/10	14/5	16/8	15/н	н/н	н/н	н/н
МТЗ-1221 (№4)	18/8	19/8	15/5	6/н	4/н	н/н	н/н	н/н	н/н
МТЗ-1221 (№5)	31/25	30/25	26/20	22/18	23/20	21/18	17/16	18/17	16/15

* В дробной части указано процентное отклонение от нормативных значений на момент внесения МСК и после наработки; Н – норма (принято среднее значение для тракторов марки МТЗ-80 и МТЗ-1221, выполняющих сельхоз. работы); РТ – расход топлива, К – компрессия; У – угар масла.

Анализируя данные таблицы, отметим, что в тракторах № 1 и № 3 после 50 часов наработки и внесения МСК процессы восстановления деталей ЦПГ, характеризуемые по некоторым выше приведенным контролируемым показателям, проходили замедленно, после внесения второй части МСК, через 100 часов наблюдались изменения соответствующие установленным нормам (Н).

У трактора № 2 значения показателей расхода топлива, компрессии и угара соответствовали нормативным после внесения МСК при 50 часах наработки, дальнейшая обработка считалась нецелесообразной.

В тракторе № 5, изначально имеющего предельные значения контролируемых показателей, внесение МСК не позволило повысить компрессию и снизить расход топлива. Данный факт является подтверждением нецелесообразности использования РВС при высокой степени износа и необходимости проведения традиционных методов ремонта, таких как замена деталей, наплавка и т.д.

Анализ масла экспресс–методом щелочного числа и развернутый анализ в химической лаборатории показали, что у тракторов № 1, 2, 3, 4 к концу этапа испытаний моторное масло имело запас эксплуатационных свойств более 30 %. У масла, ранее отработавшего 130 часов в тракторе № 5, показатели достигли браковочных значений к 100 часам испытаний и после 150 часов масло было заменено [11].

Выводы. В целом установлено, что при применении трибопрепаратов, РВС необходимо руководствоваться следующими дополнительными рекомендациям:

1. Показанием к применению должны быть результаты технического диагностирования двигателя, указывающего на то, что степень износа систем, подлежащих обработке препаратом не более 30 %.

2. Если наработка масла составляет более 150 – 200 мото-часов и его качество не соответствует эксплуатационным требованиям по щелочному числу, то восстановительная обработка не рекомендуется, необходима предварительная замена масла.

3. Качественная обработка РВС требует строго квалифицированного инструментального контроля первого этапа процесса восстановления.

Результаты теоретических, лабораторных исследований, стендовых и эксплуатационных испытаний получили высокую оценку специалистов инженерно–технических служб, механизаторов хозяйства, где проходили испытания.

В настоящее время продолжаются совместные работы ФГБНУ ВНИИТиН, Саратовского ГАУ им. Н И. Вавилова, РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева по совершенствованию состава МСК, разработке технологических процессов применения и определения границ эффективного использования РВС в сельскохозяйственной технике.

Список литературы

1. Доступность и повышение эффективности использования нефтепродуктов в фермерских хозяйствах [Текст] / С.Н. Сазонов, В.В. Остриков, Д.Д. Сазонова // Вестник ЧГАА. – 2014. – Т. 68. – С. 76-83.

2. Эффективность использования нефтепродуктов в фермерских хозяйствах [Текст] / В.В. Остриков; С.Н. Сазонов // Сельский механизатор. – 2012. - № 10. – С. 32-33.

3. Повышение эффективности эксплуатации сельскохозяйственной техники за счет применения наноматериалов [Текст] / В.В. Сафонов, С.А. Шишурин, В.А. Александров // Нанотехника. – 2009. - №20. – с. 79-80.

4. Все о присадках и добавках для автомобилиста [Текст] / В.И. Балабанов // М: Эксмо. – 2008. – 240 с.

5. Восстановление двигателей внутреннего сгорания без их разборки [Текст] / Д.Н. Гаркунов, В.И. Балабанов // М: Тяжелое машиностроение. – 2000. - № 2. – С. 18-22.

6. Смазочная композиция [Текст] / В.В. Остриков, С.Ю. Попов, В.В. Сафонов и др. // Патент на изобретение RUS 2507243 от 20.02.2014 г.

7. Многофункциональная добавка к моторным маслам [Текст] / В.В. Остриков, А.Г. Зимин, С.Ю. Попов, В.В. Сафонов // Двигателестроение. – 2014. - № 2 (256). – С. 32-35.

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

9. Повышение эффективности и расширение функциональных свойств ремонтно-восстановительного состава [Текст] / В.В. Остриков, С.Ю. Попов, А.Г. Зимин, В.В. Сафонов // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. -№ 5. – С. 42-45.

10. Информативность и взаимосвязь показателей качества работающих моторных масел [Текст] / В.В. Остриков, Н.Н. Тупотилов, В.В. Белогорский // Техника в сельском хозяйстве. – 2008. - № 3. – С. 45-47.

11. Попов С.Ю. Повышение эксплуатационных свойств ремонтно-восстановительных составов при их использовании в двигателях тракторов. [Текст]: дис….канд. техн. наук: 05.20.03:защищена 21.11.2014: утв. 01.04.2015 / Попов Сергей Юрьевич. – Тамбов, 2014. – 218 с.

References

1. Dostupnost' i povyshenie e'ffektivnosti ispol'zovaniya nefteproduktov v fermerskix xozyajstvax [Tekst] / S.N. Sazonov, V.V. Ostrikov, D.D. Sazonova // Vestnik ChGAA. – 2014. – T. 68. – S. 76-83.

2. E'ffektivnost' ispol'zovaniya nefteproduktov v fermerskix xozyajstvax [Tekst] / V.V. Ostrikov; S.N. Sazonov // Sel'skij mexanizator. – 2012. - № 10. – S. 32-33.

3. Povyshenie e'ffektivnosti e'kspluatacii sel'skoxozyajstvennoj texniki za schet primeneniya nanomaterialov [Tekst] / V.V. Safonov, S.A. Shishurin, V.A. Aleksandrov // Nanotexnika. – 2009. -

№20. – s. 79-80.

4. Vse o prisadkax i dobavkax dlya avtomobilista [Tekst] / V.I. Balabanov // M: E'ksmo. – 2008. – 240 s.

5. Vosstanovlenie dvigatelej vnutrennego sgoraniya bez ix razborki [Tekst] / D.N. Garkunov, V.I. Balabanov // M: Tyazheloe mashinostroenie. – 2000. - № 2. – S. 18-22.

6. Smazochnaya kompoziciya [Tekst] / V.V. Ostrikov, S.Yu. Popov, V.V. Safonov i dr. // Patent na izobretenie RUS 2507243 ot 20.02.2014 g.

7. Mnogofunkcional'naya dobavka k motornym maslam [Tekst] / V.V. Ostrikov, A.G. Zimin, S.Yu. Popov, V.V. Safonov // Dvigatelestroenie. – 2014. - № 2 (256). – S. 32-35.

8. Rasshirenie funkcional'nyx vozmozhnostej dobavok k motornym maslam [Tekst] / V.V. Ostrikov, A.G. Zimin, S.Yu. Popov, V.V. Safonov, K.V. Safonov // Texnika v sel'skom xozyajstve. – 2012. - № 6. – S. 32-33.

9. Povyshenie e'ffektivnosti i rasshirenie funkcional'nyx svojstv remontno-vosstanovitel'nogo sostava [Tekst] / V.V. Ostrikov, S.Yu. Popov, A.G. Zimin, V.V. Safonov // Traktory i sel'xozmashiny. – 2014. -№ 5. – S. 42-45.

10. Informativnost' i vzaimosvyaz' pokazatelej kachestva rabotayushhix motornyx masel [Tekst] / V.V. Ostrikov, N.N. Tupotilov, V.V. Belogorskij // Texnika v sel'skom xozyajstve. – 2008. - № 3. – S. 45-47.

11. Popov S.Yu. Povyshenie e'kspluatacionnyx svojstv remontno-vosstanovitel'nyx sostavov pri ix ispol'zovanii v dvigatelyax traktorov. [Tekst]: dis….kand. texn. nauk: 05.20.03:zashhishhena 21.11.2014: utv. 01.04.2015 / Popov Sergej Yur'evich. – Tambov, 2014. – 218 s.

УДК 541.135:621.182.1

МАРТЫНОВА Н.К., УЛЮКИНА Е.А.

ОЧИСТКА ВОДЫ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Мартынова Н.К., канд. техн. наук, доцент,
Улюкина Е.А., доктор техн. наук, доцент,
Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева

Реферат. *Вода с высокой жесткостью дает накипные отложения на теплопередающих поверхностях. Образование отложений на поверхности нагрева происходит вследствие протекания в нагреваемой среде процессов, связанных с образованием труднорастворимых веществ. Образующиеся накипные отложения значительно снижают теплопроизводительность котлов и теплообменников, а также увеличивают потери напора в трубах.*

В котлах, сжигающих высококалорийное топливо (газ, мазут) тепловой поток в экранированных трубах может достигать 580…700 квт/м^2. Отложения толщиной 0,1…0,2 мм в таких котлах приводит к перегреву металла, появлению свищей и разрыву экранных труб.

Оборудование периодически подвергается промывкам от отложений. Сбрасываемые после промывки растворы имеют довольно сложный состав, не допускающий их сброса в естественные водоемы и требующих очистки.

Во избежание отложений, воду перед подачей на теплообменное оборудование подвергают умягчению различными методами. Практически на всех станциях и отопительных системах в настоящее время применяют умягчение воды на натрий– или водород–катионитовых фильтрах. После проведения цикла умягчения, катионит в фильтре подвергается регенерации (восстановление обменных свойств).

При регенерации катионитов получается большое количество сточных вод, содержащих различные соли и избыток регенерационного раствора (хлористого натрия или серной кислоты). Мероприятия по переработке сточных вод от водоочисток обычно сложные и дорогие.

Во избежание большого количества стоков, производят предварительную очистку воды: известкование, содоизвесткование и др.

Особое внимание уделено безреагентному электрохимическому способу обработки воды, исключающему или сокращающему реагенты и сточные воды.

Процесс проходит в диафрагменном электролизере, в рабочем пространстве которого размещены катоды и аноды, разделенные диафрагмой. При пропускании постоянного электрического тока через водные системы у катода происходит подщелачивание раствора, у анода – подкисление. В катодной камере в результате протекания реакции концентрация ионов гидроксила возрастает (происходит увеличение pH) и это вызывает связывание ионов Ca^{+2} и Mg^{+2} в труднорастворимые соединения, оседающие при дальнейших операциях, вначале в осветлителе, далее на механическом фильтре. Фильтрат объединяется с умягченной кислой водой и суммарный поток подается потребителю.

Полученную после смешения воду можно использовать для подпитки теплосети непосредственно или дополнительно умягчив на катионитовых фильтрах.

Электрохимическая технология, основанная на изменении pH воды в диафрагменном аппарате, позволяет умягчить воду различной жесткости до нормируемых величин, снизить содержание солей жесткости на 90-95 % (с 14,5 до 1,0 мг-экв/л).

Ключевые слова: *жесткость воды, накипеобразование, методы обработки воды, электрохимическое умягчение воды.*

MARTYNOVA N.K., ULYUKINA E.A.

WATER TREATMENT ELECTROCHEMICAL METHODS IN POWER

N.K.Martynova, PhD. tehn. sciences,
E.A.Ulyukina, Dr. Sci. Sciences, Associate Professor
Russian State Agrarian University - MTAA Timiryazeva

Abstract*. Water with high stiffness give crustaceous sediment on heat transfer surfaces. Formation of sediment on the heating surface is due to the flow of heated medium processes associated with the formation of sparingly soluble substances. Formed crustose deposits significantly reduce the thermal performance of boilers and heat exchangers, as well as increase the pressure loss in the pipes.*

In boilers burning high-energy fuel (gas, oil) heat flow in shielded tubes can reach 580 ... 700 kW/m^2. Sediment thickness of 0.1 ... 0.2 mm in such boilers lead to overheating of the metal, the appearance of fistulas and tear furnace tubes.

The equipment shall be cleaned periodically by deposits. Reset after rinsing solutions have a fairly complex structure that does not allow their discharge into natural water bodies and require cleaning.

To avoid sediment, the water before serving heat transfer equipment is subjected to various methods of softening. Almost all stations and heating systems are currently used for water softening, sodium or hydrogen-cation filter. After the cycle softener, cationic filter is regenerated (recovery of exchange of properties).

When regenerating cation produce large amounts of waste water containing various salts and excess regenerant solution (sodium chloride or sulfuric acid). Events for the processing of sewage

usually complicated and expensive.

To avoid a large amount of effluent produced pre-treatment of water: lime, soda and lime etc.

Particular attention is paid nonchemical method of electrochemical water treatment, which excludes or restricts the reagents and waste water.

The process takes place in a diaphragm cell, a working space which has cathode and anode separated by a diaphragm. When a dc electrical current through the aqueous system occurs at the cathode alkalization solution near the anode - acidification. In the cathode chamber by reaction of the hydroxyl ion concentration is increased (an increase of pH) and it causes binding of Ca^{+2} and Mg^{+2} in the compound sparingly settles at further operations, beginning in the clarifier, further mechanical filter. The filtrate was combined with the acidic softened water and the total stream is fed to the consumer.

The resultant after mixing water can be used to fuel heating system or directly to further soften cation filter.

The electrochemical technology is based on the change in pH of the water in the diaphragm allows the machine to soften the water of different hardness up to normalized values, reduce the content of hardness 90-95% (from 14.5 to 1.0 mEq / L).

***Keywords**: water hardness, scale formation, water treatment methods, electrochemical water softening.*

В тепловых системах, предназначенных для обеспечения населения теплом и горячей водой, применяются поверхностные речные и подземные (артезианские) воды. Эти природные воды могут содержать вещества, вызывающие нарушение нормальной работы оборудования объектов энергетики [1]. Знание состава примесей, содержащихся в исходной воде необходимо для выбора рациональной технологической схемы обработки воды. Правила технической эксплуатации нормируют основные показатели качества подпиточной и сетевой воды, которые должны обеспечивать безнакипное и безкоррозионное состояние поверхностей нагрева основного водогрейного оборудования, работающего в системе.

Жесткость воды является одним из важнейших показателей ее качества. Вода с высокой жесткостью дает накипные отложения на теплопередающих поверхностях.

Образование отложений на поверхности нагрева происходит вследствие протекания в нагреваемой среде процессов, связанных с образованием труднорастворимых веществ из-за концентрирования солей при многократном упаривании в котле питательной воды, а также понижения растворимости ряда веществ с повышением температуры (соли с отрицательным коэффициентом растворимости). Образующиеся накипные отложения значительно снижают теплопроизводительность теплообменников (котлов), а также увеличивают потери напора в трубах. В подогревателях горячего водоснабжения (подогрев воды до 70^0 С), использующих недеаэрированную исходную воду, накипные отложения могут быть весьма велики, поэтому применение исходной воды без обработки ограничивается соответствующими нормами. В теплообменной аппаратуре, работающей при 50…70^0С возникают низкотемпературные карбонатные отложения. В теплофикационных водогрейных котлах при подогреве воды выше 130^0С сильно снижается растворимость $CaSO_4$ [2].

В котлах, сжигающих высококалорийное топливо (газ, мазут) тепловой поток в экранированных трубах может достигать 580…700 квт/м^2. Отложения толщиной 0,1…0,2 мм в таких котлах приводит к перегреву металла, появлению отдутлин, свищей и разрыву экранных труб.

Оборудование периодически подвергается промывкам от отложений. Очистки проводят-

ся кислотными растворами, содержащими помимо кислот различные ингибиторы, ослабляющие действие кислот на металл, поверхностно-активные смачивающие вещества и другие компоненты. Сбрасываемые после промывки растворы кроме перечисленных веществ содержат и продукты отмывки, т.е. соли железа, меди, цинка, кальция, магния и др. Эти промывочные воды имеют довольно сложный состав, не допускающий их сброса в естественные водоемы и требующих очистки. Во избежание отложений, воду перед подачей на теплообменное оборудование подвергают умягчению различными методами. Практически на всех станциях и отопительных системах в настоящее время применяют умягчение воды на натрий– или водород–катионитовых фильтрах. После проведения цикла умягчения, катионит в фильтре подвергается регенерации (восстановление обменных свойств).

При регенерации катионитов получается большое количество сточных вод, содержащих различные соли и избыток регенерационного раствора (хлористого натрия или кислоты).

Закон об охране окружающей среды [3] считает первоочередным вопрос о защите водоемов от загрязненных стоков, при этом важными показателями при оценке схем водоподготовки является количество и состав сбрасываемых вод, возможность их сброса в открытые водоемы без очистки и способы очистки.

Мероприятия по переработке сточных вод от водоочисток обычно сложные и дорогие: испарение стоков с эвакуацией сухих солей, применение сложной электрохимической переработки стоков с возвратом воды и получаемых при этом реагентов в цикл. В маловодных районах сброс солей от водоочисток может заметно повлиять на солевой состав источников воды.

Например, при производительности химводоочиски 300 $м^3$/час суммарное количество сточных вод при жесткости 5 мг-экв/л составляет 900 $м^3$/час, а при жесткости исходной воды 10 мг-экв/л – 1800 $м^3$/час.

Во избежание такого количества стоков, производят предварительную очистку воды. Существуют различные методы предварительной обработки воды (предочистка), такие как, известкование, содоизвесткование и др. Эти методы называются методами осаждения и заключаются в том, что присутствующие в воде в растворенном состоянии накипеобразователи переводятся в нерастворимую форму.

При обработке воды методом осаждения при помощи извести и соды протекают следующие процессы между присутствующими в воде ионами:

$Ca^{2+} + CO_3^{2-} \rightarrow CaCO_3$

$Mg^{2+} + 2OH^- \rightarrow Mg(OH)_2$

$HCO_3^- + OH^- \rightarrow H_2O + CO_3^{2-}$

Этим методом, получившим название содово-известкового, не удается получить достаточно глубокого умягчения воды. Частично умягченная вода далее направляется для дальнейшей обработки на натрий– или водород– катионитовые фильтры.

Существующий метод озоно-сорбционной очистки воды [4,5] позволяет с помощью атомарного кислорода уничтожить бактерии, споры, вирусы, разрушить растворенные в воде органические вещества. Озонирование воды в сочетании с фильтрацией позволяет осуществлять окисление и удаление из воды сложных органоминеральных комплексов Fe^{2+}, Mn^{2+},Ag^+ Co^{2+}. Озоно-сорбционная технология очистки воды и разработанные установки обеспечивают хорошие органолептические показатели воды, насыщает ее кислородом, очищение от соединений железа, марганца, органических веществ и микробиологических загрязнений. Но при озонировании минеральный состав, жесткость, щелочность остаются неизменными, что

является недостатком этого метода.

Обработка воды магнитным полем [6] применятся для борьбы с накипеобразованием в конденсаторах паровых турбин, в парогенераторах низкого давления и малой производительности, в тепловых сетях и сетях горячего водоснабжения и различных теплообменных аппаратах. Основным преимуществом магнитной обработки являются простота, дешевизна, безопасность и почти полное отсутствие эксплуатационных расходов. Обработанная магнитным способом вода не приобретает никаких побочных, вредных для здоровья человека свойств и не меняет солевой состав, сохраняя вкусовые качества питьевой воды, не требуется расход химических реагентов. Но этот метод эффективен не для всех вод. При этом методе обработки воды умягчения воды не происходит.

Предлагается безреагентная электрохимическая технология умягчения воды [7]. Схема установки для умягчения воды электрохимическим способом приведена на рисунке 1. Основой этой технологии является возможность изменения pH электрохимическим способом в диафрагменном аппарате.

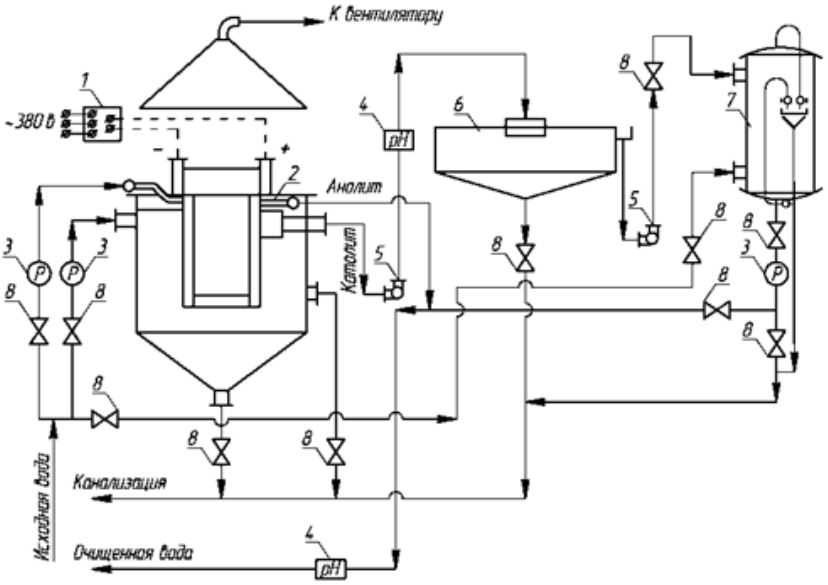


Рис. 1 Технологическая схема установки для умягчения воды электрохимическим способом:1 – выпрямительный агрегат; 2 – диафрагменный электролизер; 3 – расходомеры; 3 – pH-метр; 5 –насос; 6 – осветлитель; 7 – механический фильтр; 8 – запорная арматура.

Диафрагменный электролизер 2 представляет собой корпус, разделенный с помощью перегородок на три секции: коллектор для ввода воды, рабочее пространство и пеносборник. В рабочем пространстве вертикально расположены титановые катоды и анодные камеры. Последние изготовлены из кислотостойкого диэлектрика в виде сборной рамки, в которую помещается графитовый анод. Анод и катод разделены диафрагмой (ткань ТЛФ-4 или ткань типа бельтинг). Производительность диафрагменного электролизера – 5 $м^3$/час.

Межэлектродное расстояние между катодом и анодом равно 20 мм. Общее количество анодных камер – 20, катодов – 21. Аноды присоединены к одной токоподводящей шине, катоды – к другой. Напряжение на токопроводящих шинах составляет 16 В, суммарный ток – 1600 А. При пропускании постоянного электрического тока через водные системы у катода происходит подщелачивание раствора, у анода – подкисление.

При этом у катода протекает реакция разряда молекул воды:

$2H_2O + 2e \rightarrow 2OH^- + H_2\uparrow$

Реакция на аноде: $2H_2O - 4e \rightarrow O_2 \uparrow + 4H^+$

В катодной камере (католит) в результате протекания реакции концентрация ионов гидроксила возрастает (происходит увеличение pH) и это вызывает связывание ионов Ca^{+2} и Mg^{+2} в труднорастворимые соединения, оседающие при дальнейших операциях.

В результате катодной электрохимической обработки вода приобретает щелочную реакцию за счет превращения растворенных солей в гидроксиды. Ее окислительно-восстановленный потенциал резко понижается, уменьшается поверхностное натяжение, снижается содержание растворенного кислорода, азота, возрастает концентрация водорода, свободных гидроксильных групп, уменьшается электропроводность, изменяется структура не только гидратных оболочек ионов, но и свободного объема воды [7].

Образовавшаяся твердая фаза оседает в осветлителе 6, а осветленная вода (католит) с помощью насоса поступает на механический фильтр 7, где удаляется оставшаяся твердая фаза. Фильтрат объединяется с умягченной кислой водой (анолитом) и суммарный поток подается потребителю.

Результаты анализа по умягчению воды на электрохимической установке приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты анализа по умягчению воды на электрохимической установке

Наименование воды	Жесткость общая, мг-экв/л	pH	Примечание
Исходная вода: Проба 1 Проба 2	 14,5 16,7	 8,0 8,5	1. Расход электроэнергии, 3,8 квт.час/м^3. 2. Из анодной камеры ионы Ca^{+2} и Mg^{+2} переходят в катодную за счет разности потенциалов и наличия электрического поля между электродами, в связи с чем происходит умягчение анолита. 3. Католит смешивают с анолитом после фильтрации от выпавших солей жесткости.
Католит: Проба 1 Проба 2	 0,6 1,0	 10,5 11,0	
Анолит: Проба 1 Проба 2	 1,1 1,5	 2,5 3,0	
Католит+анолит: Проба 1 Проба 2	 0,8 1,2	 8,0 8,5	

Полученную после смешения католита и анолита воду можно использовать для подпитки теплосети непосредственно или дополнительно умягчив на катионитовых фильтрах.

Таким образом, электрохимический метод, основанный на изменении pH воды в диафрагменном аппарате путем пропускания постоянного электрического тока, позволяет умягчить воду различной жесткости до нормируемых величин. Применение предлагаемой установки в качестве предочистки позволит увеличить рабочий цикл фильтров, уменьшить расход реагентов и исходной воды на собственные нужды и заменить реагентный режим предочистки на безреагентный.

Список литературы

1. Водоподготовка: Справочник. /Под ред. д.т.н., действительного члена Академии промышленной экологии С.Е. Беликова. М.: Аква-Терм, 2007. – 240 с.

2. Кострикин Ю.М., Мещерский Н.А., Коровина О.В. Водоподготовка и водный режим энергообъектов низкого и среднего давления: Справочник. М.:Энергоатомиздат, 1990. – 254 с.

3. Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. от 25.06.2012) "Об охране окружающей среды"

4. Коваленко, В.П. Очистка воды для технологических и бытовых целей на предприятиях сельскохозяйственного производства / В.П. Коваленко, Е.А. Улюкина, В.Б. Бабко, Е.Н. Пирогов, Ш.А. Давлетьяров // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. Агроинженерия. – 2008. – №4 (29). – С.33-36.

5. Гусев, С.С. Водоподготовка на объектах агропромышленного комплекса / С.С. Гусев, Е.А. Улюкина, Л.Л. Михальский // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. Агроинженерия. – 2012. – №3 (54). – С.19-22.

6. Мартынова Н.К., Улюкина Е.А. Методы обработки воды на объектах малой мощности в энергетике.// Журнал «Наука в центральной России» №4 (10), Тамбов, 2014, с. 5-11.

7. Бочкарев Г.Р., Попов И.В., Ростовцев В.И. и др. Опытно-промышленные испытания установки для умягчения воды электрохимическим способом.// Водоснабжение и санитарная техника. 1982. – № 4. – С. 7–8.

8. Н.К. Мартынова. Использование электрохимического метода для улучшения качества воды для энергообъектов. // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. Агроинженерия. – 2005. – № 3 (13). – С.39-42.

References

1. Water Treatment: A Handbook. /Under the editorship of doctor of technical Sciences, member of the Academy of industrial ecology S. E. Belikov. M.: Aqua-Therm, 2007. – 240 p.
2. Kostrikin, Yu. M., Meshchersky N. And., Korovin ov Water treatment and water regime of the power facilities of low and middle pressure: Guide. M.:Energoatomizdat, 1990. – 254 p.
3. Federal law dated 10.01.2002 № 7-FZ (as amended on 25.06.2012) "On environmental protection"
4. Kovalenko, V. P. Purification of water for domestic use and processing enterprises of agricultural production / V. P. Kovalenko, E. A. Ulyukina, B. V. Babko, E. N. Pirogov, S. A. Davletyarov // Bulletin HPE MSAU. Agroengineering. – 2008. – №4 (29). – P. 33-36.
5. Gusev, S. S. Water treatment for agricultural objects / S. S. Gusev, E. A. Ulyukina, L. L. Michalski // Bulletin HPE MSAU. Agroengineering. – 2012. – №3 (54). – P. 19-22.
6. Martynova N. K., Ulyukina E. A. Methods of water treatment in small capacities in the energy sector.// Magazine "Science in the Central Russia" №4 (10), Tambov, 2014, pp. 5-11.
7. Bochkarev, G. R., Popov I. V., V. I. Rostovtsev, etc. Pilot testing installations for water softening electrochemical method.// Water supply and sanitary technique. 1982. – No. 4. – Pp. 7-8.
8. N. K. Martynova. The use of electrochemical method to improve the quality of water for power generation units. // The Bulletin HPE MSAU. Agroengineering. – 2005. – № 3 (13). – S. 39-42.

УДК 621.436

ЗАЗУЛЯ А.Н., МЕЩЕРЯКОВА Ю.В., НАГОРНОВ С.А., ЕРОХИН И.В.

ПОЛУЧЕНИЕ И ИСПЫТАНИЕ СМЕСЕВОГО ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

Зазуля А.Н.,
доктор технических наук, профессор, врио директора,
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»
E-mail: viitin-adm@mail.ru
Мещерякова Ю.В.
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и

нефтепродуктов в сельском хозяйстве»
Нагорнов С.А.
доктор технических наук, профессор, заместитель директора по научной работе ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве» snagornov@yandex.ru
Ерохин И.В.
аспирант, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»

Реферат. *Главным потребителем светлых нефтепродуктов является машинно-тракторный парк сельскохозяйственных производителей. На его эксплуатацию ежегодно расходуется около 5 млн. т. дизельного топлива. Одной из наиболее актуальных задач в настоящее время является создание топлива для двигателей внутреннего сгорания из возобновляемых источников сырья. Такое топливо должно соответствовать по свойствам нефтяному топливу, но иметь лучшие экологические показатели. Использование растительной биомассы в качестве первичного источника энергии для производства топлива приобретает все больший интерес. Предложена схема и основные этапы получения смесевого топлива из микроводоросли хлорелла. Представлена схема закрытого циркулирующего трубчатого фотобиореактора для культивирования микроводоросли, в котором созданы оптимальные условия культивирования. Отмечена необходимость разрушения плотной клеточной оболочки хлореллы, с помощью аппарата, создающего вихревое электромагнитное поле с хаотически движущимися ферромагнитными частицами. Предложена экстракция микроводоросли в трехступенчатом аппарате. Проведены испытания смесевого дизельного топлива на тракторе ЮМЗ Л6. Использовалось нефтяное дизельное топливо и 5-15 % (объёмных) биодобавки на основе микроводоросли хлорелла. Осуществляли измерение дымности и токсичности отработанных газов. Дизельные двигатели автотракторной техники регулируются на дымность отработанных газов по показателям, установленным ГОСТ 17.2.2.02-98. Токсичность отработанных газов определяется по показателям, установленным ГОСТ Р 52033-2003 только для бензиновых двигателей. Основным нормируемым показателем дымности является коэффициент поглощения света k, вспомогательным – коэффициент ослабления света N. Для определения токсичности отработанных газов осуществляли замеры объемной доли оксида углерода (CO), углеводородов.*

Ключевые слова: *биотопливо, дизельное топливо, дымность, микроводоросль, отработанные газы, токсичность.*

ZAZULYA A.N., MESHCHERYAKOVA Y.V., NAGORNOVS.A., EROKHIN I.V.

RECEIVE AND TEST SPOT DIESEL FUEL

Zazulya A.N.,
Doctor of Technical Sciences, Professor, Acting Director, All-Russian Scientific Research Insti-tute of the use of machinery and petroleum products in agriculture
E-mail: viitin-adm@mail.ru
Meshcheryakova Y.V.,
All-Russian research Institute
for use of technics and oil products in agriculture
NagornovS.A.,
doctor of technical sciences, professor, director’s deputy on science
All-Russian research Institute

for use of technics and oil products in agriculture
Erokhin I.V.
postgraduate student, All-Russian research Institute
for use of technics and oil products in agriculture

Abstract. *Light the main consumer of petroleum products is a machine-tractor fleet of agricultural producers. To operate it annually consumes about 5 million tons of diesel fuel. One of the most urgent tasks at present is creating fuel for internal combustion engines renewable raw materials. Such fuel must match the properties of petroleum-based fuels, but to have the best environmental performance. The use of plant biomass as the primary energy source for the production of fuel of increasing interest. The proposed scheme and the main stages of production of mixed fuel from the microalga Chlorella vulgaris.A diagram of the closed circulating tubular photo-bioreactor for the cultivation of microalgae, which created optimal conditions of cultivation. The necessity of the destruction of the dense cell wall of Chlorella, by the apparatus, creating a vortex electromagnetic field with a randomly moving ferromagnetic particles. The proposed extraction of microalgae in a three-stage apparatus. The tests of the blended diesel fuel on the tractor YUMZ L6. Used oil diesel fuel and 5-20 % supplement on the basis of the microalgae Chlorella vulgaris.Carried out measurement of smoke, and toxicity of exhaust gases. Diesel engines automotive machines regulated on the opacity of the exhaust gases against the benchmarks set GOST 17.2.2.02-98. Emissions are regulated on indicators established by GOST R 52033-2003 only for gasoline engines. Basic normalized measure of opacity is the absorption coefficient k, the auxiliary – light attenuation coefficient N. To determine the toxicity of exhaust gases was carried out by measurements of the volume fraction of carbon monoxide (CO), hydrocarbons.*

Keywords and phrases: *biofuels, diesel fuel, smokiness,alga, exhaust gases, toxicity.*

Введение. Использование растительных масел для производства дизельного топлива (ДТ) одно из перспективных направлений биоэнергетики [1-7]. Наиболее подходящими культурами для получения масла являются подсолнечник, рапс, рыжик и особенно популярные в последнее время микроводоросли. Микроводоросли относятся к возобновляемому не пищевому сырью, которое не отличается по свойствам от традиционного сырья и способно его заменить. Топливо на основе микроводорослей должно соответствовать по свойствам нефтяному топливу, но иметь лучшие экологические показатели.

Методика исследований. Процесс получения биодизельного топлива из микроводорослей состоит из следующих этапов:

Культивирование микроводоросли

Объектом культивирования выбрана одноклеточная зеленая микроводоросль хлорелла. В задачу культивирования входит: выбор конструкции фотобиореактора, подбор оптимальных условий культивирования, создание стрессовых условий [8] с целью получения максимальной продуктивности биомассы насыщенной жирными компонентами. Использовали циркулирующийтрубчатый фотобиореактор, состоящий из нескольких секций. Часть секций служат для наращивания биомассы, другие для накопления жиров.

Извлечение жиров (липидов) из биомассы

Осуществляют разрушение клеточной оболочки хлореллы, затем экстракцию органическим растворителем липидов и их отделение.

Экстракцию биомассы микроводоросли *Chlorella vulgaris* осуществляли в аппарате вихревого слоя, создающем вращающееся электромагнитное поле с хаотически движущимися ферромагнитными частицами, воздействующими на сырье, в результате чего происходит

разрушение клеточных оболочек, затем биомасса подвергается многократной экстракции в аппаратах с закрученным потоком инертных тел [9-10]. В качестве органического растворителя использовали нефрас-С 2-70/85. С помощью хроматографического анализа устанавливали качественный и количественный состав жирных кислот в исследуемых липидах.

Синтез биодизельного топлива

В настоящее время практически всё биодизельное топливо получают с помощью гомогенного катализа. Использование гомогенных катализаторов позволяет провести реакцию метанолиза липидного сырья 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 распространённым. Для синтеза биодизельного топлива использован аппарат с вращающимся электромагнитным полем. При проведении метанолиза на исходные продукты реакции налагалось вращающееся электромагнитное поле.

Получение смесевого дизельного топлива

Испытание смесевого дизельного топлива проводили на тракторе ЮМЗ Л6 с двигателем марки Д-65Н. Осуществляли измерение дымности и токсичности отработанных газов (рис.1).

Для измерения дымности отработанных газов использовали прибор Инфракар Д. Измерение объемной доли оксида углерода (CO) и углеводородов в отработавших газах проводили с помощью прибора Инфракар М.

Газозаборный зонд с пробоотборным шлангом устанавливали в выхлопную трубу трактора. Измерение производили в режиме свободного ускорения. Педаль подачи топлива перемещали равномерно за 0,5- 1 с до упора и держали педаль в этом положении 2-3 с, отпускали педаль и через 8-9 с приступали к новому измерению. На дисплее пульта управления отображалась бегущая линия для выдержки времени цикла измерения. Циклы свободного ускорения появляются 6 раз. Результат измерения выводится на дисплее и распечатывается в виде чеков.

Рисунок 1 – Измерение дымности отработанных газов на тракторе ЮМЗ

Результаты и обсуждения. На рисунке 2 представлена схема получения смесевого топлива (путём смешивания минерального дизельного топлива и топлива из биомассы микроводорослей).

Культивирование хлореллы осуществляли в циркулирующем трубчатом фотобиореакторе (ФБР) (рис.1). ФБР изготовлен из прозрачного оргстекла в виде трубы. Из емкости (*E1*)

питательная среда Тамийя *1* подается в ФБР для культивирования. Через входной патрубок суспензию микроводоросли *3* с помощью центробежного насоса (*Н*) вводят в фотобиореактор (ФБР). Через выходной патрубок суспензия микроводоросли *2* отправляется в смеситель газов (*С*), где происходит ее насыщение газовоздушной смесью. Газовоздушная смесь, (воздух *6* и углекислый газ *5*) подается компрессором (*К*) и углекислотным баллоном (*Б*). Насыщенная газовоздушной смесью суспензия *3* микроводорослей снова отправляется в фотобиореактор. Для освещения используются светодиодные ленты. Часть итоговой суспензии микроводорослей *4* отправляется в емкость (*Е2*), а другая часть используется как посевной материал для последующего культивирования. Отработанные газы *7* через штуцер удаляются в верхней части реактора. Для циркуляции и перемешивания служит насос. Перемешивание суспензии осуществляется за счет барботирования газовоздушной смесью. Температура поддерживается терморегулятором.

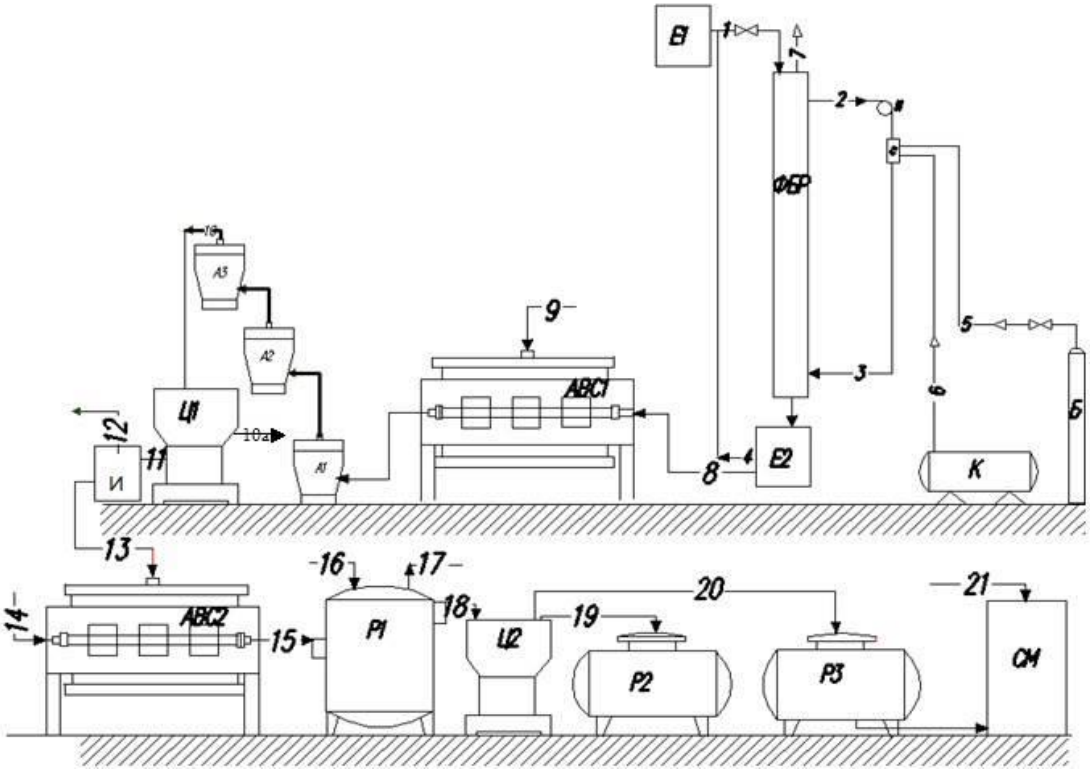


Рисунок 2 – Схема для получения смесевого дизельного топлива

ФБР – фотобиореактор; Н – насос; Е1 – емкость с питательной средой Тамийя, Е2 – емкость с итоговой суспензией; С – смеситель газов; К – компрессор; Б – баллон с углекислым газом; АВС 1, АВС 2 – аппарат вихревого слоя, А1-А3 – трехступенчатый аппарат с закрученным потоком инертных тел; Ц1, Ц2 – центрифуга; Р1-Р3 резервуары; СМ – смеситель; И – испаритель. 1 – среда Тамийя; 2 – суспензия микроводорослей; 3 – насыщенная газовоздушной смесью суспензия микроводорослей; 4 – посевной материал; 5 – углекислый газ; 6 – воздух; 7 – отработанная газовоздушная смесь; 8 – итоговая суспензия микроводорослей; 9 – экстрагент; 10 – экстракт микроводорослей; 10а – обезжиренная масса; 11 – липидная фракция с экстрагентом; 12 – использованный экстрагент; 13 – липидная фракция; 14 – раствор гидроксида калия в метиловом спирте; 15 – смесь воды, метилового эфира и глицерина; 16, 17 – вода; 18 – метиловый эфир с глицерином; 19 – глицерин; 20 – биодизельное топливо; 21 – минеральное дизельное топливо.

Биомассу микроводоросли *8* подвергают физическому воздействию в аппарате вихревого слоя (*АВС1)*, создающем вращающееся электромагнитное поле с хаотически движущимися ферромагнитными частицами, воздействующими на сырье, в результате чего происходит разрушение клеточных оболочек и предварительная экстракция экстрагентом *9*. Затем проводят экстракцию в трехступенчатом аппарате (*А1-А3)* с закрученным потоком инертных тел.

После окончания экстрагирования в центрифуге (*Ц1)* осуществляют разделение экстракта *10* от обезжиренной биомассы *10а.* Полученная липидная фракция *11* представляет собой смесь три- и диацилглицеролов в органическом растворителе. Отгонку органического растворителя *12* осуществляют в испарителе (*И).* Полученная липидная фракция *13* направляется в аппарат для синтеза биодизельного топлива (*АВС2).* В аппарате (*АВС2)* находятся ферромагнитные частицы, которые под действием электромагнитного поля начинают вращаться, при этом интенсивно перемешивая продукты реакции. Далее реакционную массу *15* отстаивают в резервуаре очистки (*Р1)*, нейтрализуют, промывают, выпаривают воду *17*. После чего в центрифуге (*Ц2)* отделяют метиловый эфир *20* от глицерина *19*. Метиловый эфир смешивают с дизельным топливом *21* в смесителе.

Результаты измерения дымности и фракционного состава отходящих газов представлены в таблице 1. В смесевом дизельном топливе (топливная композиция) №1 биодобавка составляет 5 % , №2 – 10%, № 3 – 15% (об.).

Таблица 1 Экологические показатели двигателя Д-65Н при работе на дизельном топливе и биотопливных композиций

Показатель	Виды топлива			
	ДТ	Биотопливная композиция №1	Биотопливная композиция №2	Биотопливная композиция №3
Дымность, *N*, % $k^{м-1}$	56 1,9	53 1,75	47 1,5	54 1,8
CO, %	0,6	0,5	0,45	0,59
CH, %	0,0017	0,0015	0,0012	0,0019

Отработавшие газы дизелей могут включать в себя продукты полного сгорания (водяной пар, оксид углерода (IV), диоксид серы), продукты неполного сгорания (альдегиды, несгоревшие углеводороды, оксид углерода (II), сажу и др.), избыточный кислород и оксиды азота. Неполное сгорание топлива в дизелях проявляется главным образом в выделении сажи и оксида углерода (II).

Дымность отработанных газов всех топливных композиций не превышает допустимые нормы по ГОСТу 17.2.2.02-98. Дымность биотопливных композиций на основе микроводоросли несколько ниже, в среднем на 11 %. Самый низкий показатель дымности при использовании биотопливной композиции №2.

При анализе показателей дымности следует учитывать, что щелочные металлы могут сильно снижать образование сажи при неполном сгорании в диффузионном пламени. Эти металлы способствуют ионизации частиц сажи, уменьшая, таким образом, их коагуляцию и облегчая в результате их окисление. А в синтезе биотоплива используются катализаторы – гидроксиды щелочных металлов.

Токсичность отработанных газов регулируется по показателям, установленным ГОСТ Р 52033-2003 только для бензиновых двигателей. При использовании топливной композиции №1 концентрация оксида углерода составила 0,5 %, топливной композиции №2 – 0,45% и №3 – 0,59% (объем). Наилучший результат при использовании биотопливной композиции №2.

Выводы. Предложена схема получения смесевого топлива из микроводорослей и мине-

рального дизельного топлива. В ней используется трехступенчатая экстракция липидных компонентов с предварительным разрушением клеточных оболочек, что позволяет сократить время экстракции и увеличить выход липидной массы. А аппарат с вращающимся электромагнитным полем в синтезе биодизельного топлива способствует ускорению протекания реакции метанолиза. Наименьшие показатели дымности и токсичности отработанных газов соответствуют использованию биотопливной композиции №2.

Список литературы

1. Повышение качества хранения светлых нефтепродуктов /С.А. Нагорнов, С.В. Романцова, А.Н. Зазуля, И.Г. Голубев. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. - 256 с.

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

3. Использование биологических добавок в дизельное топливо. /В.Ф. Федоренко, Д.С. Буклагин, С.А. Нагорнов, А.Н. Зазуля, И.Г. Голубев. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. – 52 с.

4. 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.

5. Результаты испытаний и перспективы эксплуатации дизелей на биотопливе / В.Ф. Федоренко, Д.С. Буклагин, С.А. Нагорнов, А.Н. Зазуля, И.Г. Голубев, А.П. Ликсутина. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – 136 с.

6. Сравнительный анализ технологий получения биотоплива для дизельных двигателей: науч. издание / А.Н. Зазуля, С.А. Нагорнов, С.В. Романцова, В.Ф. Федоренко, Д.С. Буклагин, И.Г. Голубев – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2013. – 96 с.

7. Инновационные технологии производства биотоплива второго поколения / В.Ф. Федоренко, Д.С. Буклагин, А.Н. Зазуля, С.А. Нагорнов, И.Г. Голубев, С.В. Романцова, С.В. Бодягина, Л.Ю. Коноваленко. - М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. - 68 с.

8. Мещерякова, Ю.В., Ерохин И.В., Нагорнов С.А. Накопительное культивирование микроводоросли хлорелла в закрытом фотобиореакторе / Ю.В.Мещерякова, И.В.Ерохин, С.А. Нагорнов // Наука в центральной России. - Тамбов, 2015. № 2– С. 93-100.

9. Нагорнов, С.А. Извлечение и анализ липидов из биомассы микроводорослей хлорелла / С.А. Нагорнов, Ю.В. Мещерякова, В.М. Дмитриев, А.П. Ликсутина, И.В. Ерохин // Наука в центральной России. - Тамбов, 2015.№ 3– С. 11-17.

10. Способ извлечения липидов из биомассы / С.А. Нагорнов, В.М. Дмитриев, Ю.В. Мещерякова, А.П. Ликсутина. Патент на изобретение № 2555554. – Бюл. изобретений. – 2015. – № 19.

References

1. Povyšenie kačestva hraneniâ svetlyh nefteproduktov /S.A. Nagornov, S.V. Romancova, A.N. Zazulâ, I.G. Golubev. – M.: FGNU «Rosinformagroteh», 2005. - 256 s.

2. Èffektivnoe ispol’zovanie nefteproduktov v sel’skom hozâjstve /S.A. Nagornov, S.V. Romancova, A.N. Zazulâ, I.G. Golubev. – M.: FGNU «Rosinformagroteh», 2006. – 192 s.

3. Ispol’zovanie biologičeskih dobavok v dizel’noe toplivo. /V.F. Fedorenko, D.S. Buklagin, S.A. Nagornov, A.N. Zazulâ, I.G. Golubev. – M.: FGNU «Rosinformagroteh», 2007. – 52 s.

4. Povyšenie èffektivnosti raboty neftehozâjstv v APK. Naučnoe izdanie. / S.A. Nagornov, A.N. Zazulâ, S.V. Romancova, I.G. Golubev. - M.: FGNU «Rosinformagroteh», 2008. - 168 s.

5. Rezul’taty ispytanij i perspektivy èkspluatacii dizelej na biotoplive / V.F. Fedorenko, D.S.

Buklagin, S.A. Nagornov, A.N. Zazulâ, I.G. Golubev, A.P. Liksutina. – M.: FGNU «Rosinformagroteh», 2008. – 136 s.

6. Sravnitel'nyj analiz tehnologij polučeniâ biotopliva dlâ dizel'nyh dvigatelej: nauč. izdanie / A.N. Zazulâ, S.A. Nagornov, S.V. Romancova, V.F. Fedorenko, D.S. Buklagin, I.G. Golubev – M.: FGBNU «Rosinformagroteh», 2013. – 96 s.

7. Innovacionnye tehnologii proizvodstva biotopliva vtorogo pokoleniâ / V.F. Fedorenko, D.S. Buklagin, A.N. Zazulâ, S.A. Nagornov, I.G. Golubev, S.V. Romancova, S.V. Bodâgina, L.Û. Konovalenko. - M.: FGNU «Rosinformagroteh», 2009. - 68 s.

8. Meŝerâkova, Û.V., Erohin I.V., Nagornov S.A. Nakopitel'noe kul'tivirovanie mikrovodorosli hlorella v zakrytom fotobioreaktore / Û.V.Meŝerâkova, I.V.Erohin, S.A. Nagornov // Nauka v central'noj Rossii. - Tambov, 2015. № 2– S. 93-100.

9. Nagornov, S.A. Izvlečenie i analiz lipidov iz biomassy mikrovodoroslej hlorella / S.A. Nagornov, Û.V. Meŝerâkova, V.M. Dmitriev, A.P. Liksutina, I.V. Erohin // Nauka v central'noj Rossii. - Tambov, 2015.№ 3– S. 11-17.

10. Sposob izvlečeniâ lipidov iz biomassy / S.A. Nagornov, V.M. Dmitriev, Û.V. Meŝerâkova, A.P. Liksutina. Patent na izobretenie № 2555554. – Bûl. izobretenij. – 2015. – № 19.

УДК 577.115.083:582.26

ЗАЗУЛЯ А.Н., МЕЩЕРЯКОВА Ю.В., НАГОРНОВ С.А., ЕРОХИН И.В.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РОСТА МИКРОВОДОРОСЛИ ХЛОРЕЛЛА В ТРУБЧАТОМ ФОТОБИОРЕАКТОРЕ

Зазуля А.Н.,
доктор технических наук, профессор, директор,
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»
E-mail: viitin-adm@mail.ru
Мещерякова Ю.В.
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»
Нагорнов С.А.
доктор технических наук, профессор, заместитель директора по научной работе
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»
snagornov@yandex.ru
Ерохин И.В.
аспирант, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»

Реферат. *Существует два вида выращивания (культивирования) микроводорослей периодическое (накопительное) и непрерывное. При накопительном культивировании посевной материал вносится в питательную среду в начале процесса, и дальнейшее культивирование идет без отбора биомассы до выхода ее на стационарный уровень. В течение семи суток проведено однократное накопительное культивирование микроводоросли хлорелла в фотобиореакторе. Параллельно замеряли оптическую плотность суспензии и определяли концентрацию микроводорослей в суспензии. В течение всего времени выращивания происходит*

непрерывное изменение физиологического состояния клеток, концентрация микроорганизмов нарастает и останавливается. Это происходит либо из-за недостатка питательной среды, либо из-за накопления продуктов жизнедеятельности. В связи с этим проведены эксперименты по подбору оптимальных условий культивирования микроводорослей в фотобиореакторе в непрерывном режиме. В непрерывном режиме регулярно подается питательная среда и регулярно удаляется биомасса и продукты ее жизнедеятельности. Этот режим характеризуется постоянством концентрации микроорганизмов и удельной скорости роста популяции. При культивировании автотрофных микроорганизмов клетки необходимо снабжать достаточным количеством света, углекислого газа, минеральных веществ, а также создавать необходимый температурный режим и поддерживать pH среды. Предложена конструкция и схема закрытого циркулирующего трубчатого фотобиореактора для культивирования микроводоросли Chlorellavulgaris. В фотобиореакторе созданы оптимальные условия культивирования: температура, освещение, питательная среда, подача углекислого газа. На данном этапе в условиях непрерывного культивирования анализировалось влияние внешних факторов на прирост биомассы. Экспериментально подобраны оптимальные условия культивирования микроводоросли Chlorella vulgaris с целью использования ее в синтезе биодизельного топлива.

Ключевые слова: *прирост биомассы, микроводоросль, освещение, оптическая плотность, питательная среда, температура, условия культивирования, углекислый газ, фотобиореактор.*

ZAZULYA A.N., MESHCHERYAKOVA Y.V., NAGORNOVS.A., EROKHIN I.V.

EXPERIMENTAL STUDY CHLORELLA MICROALGAE CULTIVATION IN A TUBULAR PHOTOBIOREACTOR

Zazulya A.N.,
Doctor of Technical Sciences, Professor, Director, All-Russian research Institute
for use of technics and oil products in agriculture
E-mail: viitin-adm@mail.ru
Meshcheryakova Y.V.,
All-Russian research Institute
for use of technics and oil products in agriculture
NagornovS.A.,
doctor of technical sciences, professor, director’s deputy on science
All-Russian research Institute
for use of technics and oil products in agriculture
Erokhin I.V.
postgraduate student, All-Russian research Institute
for use of technics and oil products in agriculture

Abstract. *There are two types of periodical (cumulative) and continuous.When the storage seed cultivation introduced into the medium at the beginning of the process and the further cultivation of biomass is no selection to its output on a stationary level. Withinsevendays held once cumulative Chlorella cultivating photobioreactor. Parallel the optical density of the suspension and the concentration of algae in suspension is measured. During the whole time of cultivation there is a continuous change in the physiological state of the cells, the concentration of microorganisms increases and stops.This is either due to a lack of the nutrient medium or from the accumulation of waste products .In this connection, experiments by the selection of the optimum conditions in the cultiva-*

tion of microalgae photobioreactor continuously is conducted. In continuous mode, the nutrient medium is supplied regularly and routinely removed biomass and products of its life.This mode is characterized by a constant concentration of microorganisms and specific growth rate of the population. For the cultivation of autotrophic microorganisms cells should provide a sufficient amount of light, carbon dioxide, minerals, and create the required temperature and maintain the pH of the environment. The design and the scheme of closedcirculating tubularphotobioreactoris for cultivation of microalgae Chlorella vulgaris. The optimal conditions cultivation is created: temperature, light, medium, feeding carbon dioxide. At this stagein acontinuous culturewas analyzedthe influence of externalfactors on thegrowth ofbiomass.Experimentally selected optimum conditions for Chlorella vulgaris microalgae cultivation thepurpose of its use in the synthesis of biodiesel.

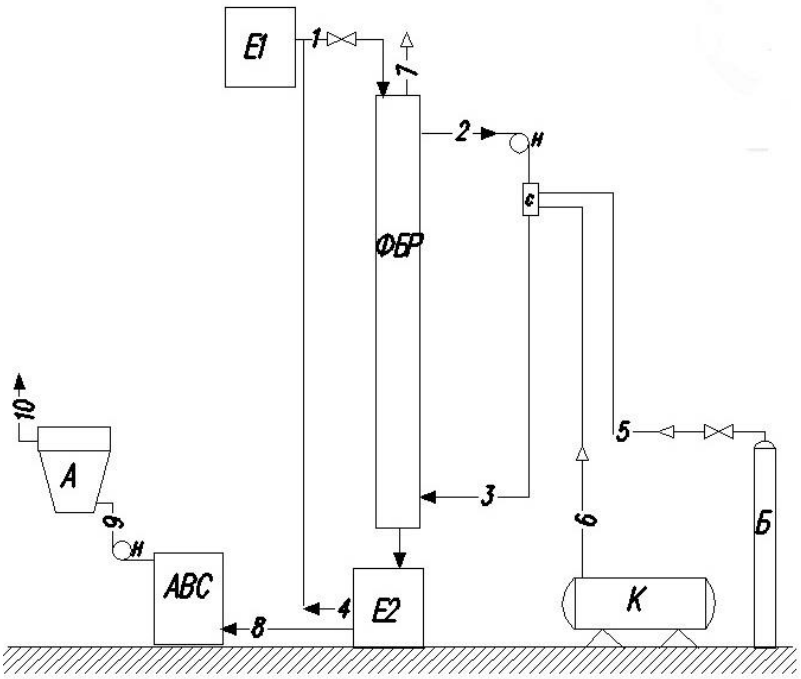
Keywords: *the growth of biomass, microalgae, lighting, optical density, culture medium, temperature, conditions of cultivation, carbon dioxide, photobioreactor.*

Введение. Культивирование микроводорослей в современном мире приобретает все больший интерес [1]. В качестве объекта массового культивирования используют зеленые микроводоросли (*Chlorella и Scenedesmus*), которые стали наиболее популярными объектами прикладных исследований. Так готовую суспензию хлореллы используют в качестве корма животным, источника витаминов и полезных микроэлементов, сырья для получения биотоплива третьего поколения. В настоящее время производится все больше продукции из водорослей. Несмотря на это, вопрос продуктивности биомассы остается актуальным.

Продуктивность хлореллы зависит от следующих факторов: конструкции фотобиореактора, состава питательной среды, концентрации углекислого газа, а также значений pH среды, температуры, освещенности [2]. Оптимальное сочетание все этих параметров позволит получить максимальный выход биомассы. Технология получения биодизельного топлива из микроводорослей состоит из следующих этапов: культивирование микроводоросли в фотобиореакторе, отделение биомассы от воды (фильтрование, центрифугирование), разрушение клеточной оболочки хлореллы, экстракция растительного сырья [3].

Результаты и обсуждение.Культивирование хлореллы осуществляли в циркулирующем трубчатом фотобиореакторе (ФБР) (*рис.1*). Фотобиореактор изготовлен из прозрачного оргстекла в виде трубы, вмещаемый объем суспензии 10 литров. Из емкости (*Е1*) питательная среда Тамийя *1* подается в *ФБР* для культивирования. Через входной патрубок суспензию микроводоросли *3* с помощью центробежного насоса (*Н*) вводят в фотобиореактор. Через выходной патрубок суспензия микроводоросли *2* отправляется в смеситель газов (*С*), где происходит ее насыщение газовоздушной смесью. Газовоздушная смесь, (воздух *6* и углекислый газ *5*) подается компрессором (*К*) и углекислотным баллоном (*Б*). Насыщенная газовоздушной смесью суспензия *3* микроводорослей отправляется в фотобиореактор. Для освещения используются светодиодные ленты. Часть итоговой суспензии микроводорослей *4* отправляется в емкость (*Е2*), а другая часть используется как посевной материал для последующего культивирования. Отработанные газы *7* через штуцер удаляются в верхней части реактора. Для циркуляции и перемешивания служит насос. Перемешивание суспензии осуществляется за счет барботирования газовоздушной смесью. Температура поддерживается терморегулятором. Биомассу микроводоросли *8* подвергают физическому воздействию в аппарате вихревого слоя *АВС*, создающем вращающееся электромагнитное поле с хаотически движущимися ферромагнитными частицами, воздействующими на сырье, в результате чего происходит разрушение клеточных оболочек. Полученную биомассу *9* подвергают экстракции органическим растворителем в трехступенчатом аппарате *А* с закрученным потоком

инертных тел.



ФБР – фотобиореактор; Н – насос; Е1 – емкость с питательной средой Тамийя, Е2 – емкость с итоговой суспензией; С – смеситель газов; К – компрессор; Б – баллон с углекислым газом АВС - аппарат вихревого слоя, А - трехступенчатый аппарат с закрученным потоком инертных тел; 1 – среда Тамийя; 2 – суспензия микроводорослей; 3 – насыщенная газовоздушной смесью суспензия микроводорослей; 4 – посевной материал; 5 – углекислый газ; 6 –воздух; 7 – отработанная газовоздушная смесь; 8 - итоговая суспензия микроводорослей; 9 - биомасса водорослей; 10 - липидная фракция.

Рисунок.1 Схема экспериментальной установки для выращивания микроводорослей

В ФБР созданы оптимальные условия культивирования [4]: питательная среда Тамийя, температура поддерживается на уровне 34-36 °С, освещенность 20-25 клк, осуществляется подача углекислого газа (2-10%) и перемешивание суспензии. Установка работает в непрерывном режиме по принципу турбодистата - pH стат. Установлен pH метр, который управляет ростом микроводорослей. Так отклонение значения pH от заданного, вызывает подачу питательной среды.

Расход газов (углекислого газа и воздуха) определяли по формуле (1):

$$P = \left(\frac{V}{0,785 \cdot d^2} \right)^2 \cdot \frac{\rho}{2} \qquad (1)$$

где P – давление газов, показания манометров на редукторе и компрессоре, Па; V – расход газов, м^3/с; d – внутренний диаметр трубопровода по которому осуществляется подвод газов к фотобиореактору м; ρ – плотность газов, кг/м^3.

Выражая из формулы (1) расход газов получим (2):

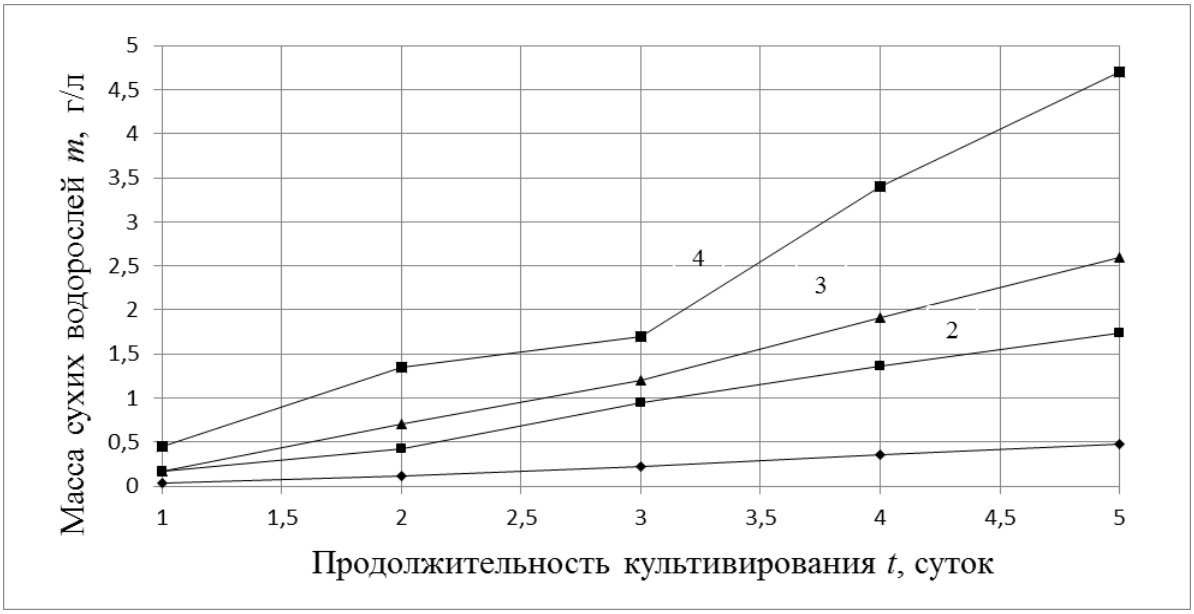
$$V = 1,11 \cdot d^2 \cdot \sqrt{\frac{P}{\rho}} \qquad (2)$$

Плотность газов ρ определяли по уравнению Менделеева-Клапейрона:

$$\rho = \frac{M \cdot P}{R \cdot T} \qquad (3)$$

Необходимую концентрацию углекислого газа в газовоздушной смеси устанавливали с помощью регулирования давления на выходе из баллона и компрессора.

Известно, что для получения максимального прироста биомассы важную роль играют вещества, содержащие азот. Так, увеличение в питательной среде азотных компонентов приводит к увеличению концентрации клеток в суспензии [5]. Проводилось непрерывное культивирование на питательной среде Тамийя. Основным азотным компонентом в питательной среде является нитрат калия. Культивировали хлореллу при различной концентрации нитрата калия в растворе.

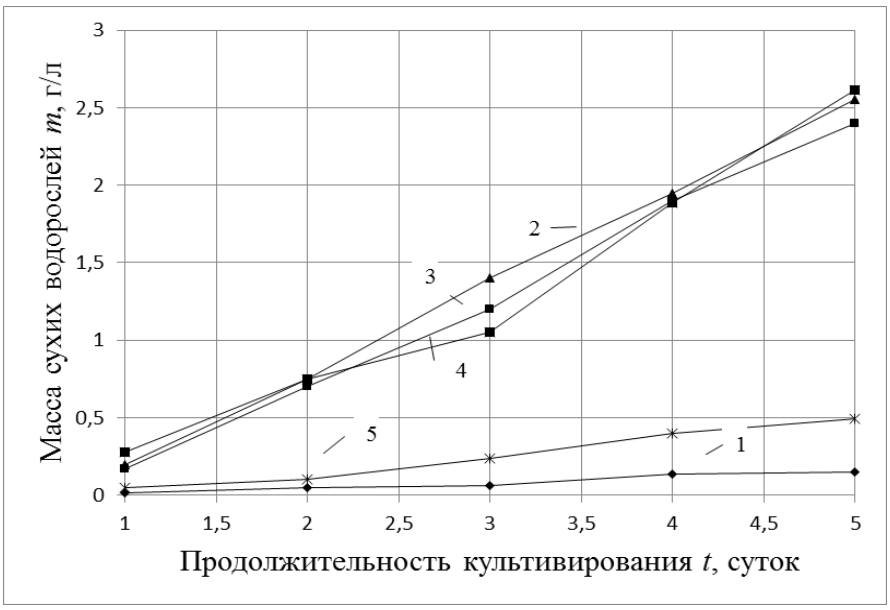


1-концентрация нитрата калия 1,25 г/л; 2- концентрация нитрата калия 2,5 г/л; 3 - концентрация нитрата калия 5 г/л; 4 - концентрация нитрата калия 10 г/л.

Рисунок 2 График изменения сухой массы микроводорослей при разной концентрации нитрата калия

Анализ графика (рис.2) позволяет установить, что достижение максимальной концентрации микроводорослей происходит быстрее на среде с увеличенным содержанием азотного компонента, чем на среде обедненной источником азота. При увеличении содержания азотных компонентов в 2 раза в среде наблюдается прирост биомассы в среднем на 45 %, а при сокращении рост хлореллы замедляется.

Следующий фактор в повышении урожайности это температура. Штамм *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 растет при температуре в пределах 26...36 °С [4].



1-температура культивирования 20˚С; 2-температура культивирования 26˚С;3-температура культивирования 31˚С; 4-температура культивирования 36˚С; 5-температура культивирования 40˚С.

Рисунок 3 График изменения сухой массы микроводорослей при различной температуре культивирования

Исходя из графика (рис.3) можно сделать вывод, что с увеличением температуры прирост биомассы увеличивается, снижение температуры, не оказывает существенного воздействия на урожайность. Однако, изменение температуры более пяти градусов отрицательно влияет на урожайность.

Влияние освещенности.Оптимальная освещенность хлореллы находится в пределах $0{,}7\cdot10^3$-$20\cdot10^3$ лк, порог светового насыщения — $1\cdot10^3$-$90\cdot10^3$ лк. Это объяснятся тем, что хлорелла может адаптироваться к различной интенсивности света, а также значение оптимальной освещенности тесно связано с конструкцией фотобиореактора. Так в серии экспериментов освещенность трубчатого фотобиореактора составила $10\cdot10^3$лк.

Влияние концентрации углекислого газа.Оптимальная концентрация углекислого газа по разным данным должна составлять от 0,8 % до 10 % [6]. Такой разброс данных объясняется зависимостью продуктивности микроводорослей параллельно еще и от других условий (освещенности, толщины просвечиваемого слоя, насыщенностью углекислым газом и др.)

1- 1% концентрация углекислого газа; 2- 4% концентрация углекислого газа; 3- 7% концентрация углекислого газа; 4- концентрация 10% углекислого газа.

Рисунок 4 График изменения концентрации микроводорослей при различной концентрации углекислого газа в смеси

Из графика (рис.4) видно, что ускорение прироста биомассы наблюдается при 4-7% концентрации углекислого газа. Необходимо подобрать другие факторы, что бы дальнейшее ускорение культивирования было возможным.

Выводы. В предложенной конструкции (рис. 1) циркулирующего трубчатого фотобиореактора подобраны оптимальные условия культивирования микроводоросли *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111: питательная среда Тамийя с увеличенным содержанием нитрата калия, температура 31-36˚С при концентрации углекислого газа 4-7% и освещении $10 \cdot 10^3$лк .

Список литературы

1. Мещерякова Ю.В., Ерохин И.В., Нагорнов С.А. Накопительноекультивирование микроводоросли хлорелла в закрытом фотобиореакторе / Ю.В. Мещерякова, И.В. Ерохин, С.А. Нагорнов // Наука в центральной России. - Тамбов, 2015. № 2– С. 93-100.

2. Мещерякова, Ю.В. Культивирование микроводоросли хлорелла с целью получения биотоплива / Ю.В. Мещерякова, С.А. Нагорнов // Вопросы современной науки и практики. Университет имени В.И.Вернадского. - Тамбов. - 2012. – №12. - С.33-36

3. Мещерякова, Ю.В.Технология получения биодизельного топлива из биомассы микроводоросли / Ю.В. Мещерякова // Наука в центральной России. - Тамбов. - 2013. - №3. – С. 76-79.

4. Богданов, Н. И. Суспензия хлореллы в рационе сельскохозяйственных животных / Н. И. Богданов. – Волгоград: Здоровье и экология, 2007. – 48 с.

5. Соловченко А.Е. Физиологическая роль накопления нейтральных липидов эукариотическими микроводорослями при стрессах / А.Е.Соловченко // Журнал физиология растений. - 2012. - Т. 59, № 2. - С.192-202.

6. Грачева И.М. Технология микробных белковых препаратов, аминокислот и биоэнергия / И.М. Грачева, Л.А. Иванова, В.М. Кантере. — М.: Колос, 1992.-383 с.

References

1. MeshcheryakovaY.V, Erokhin I.V, Nagornov S.A. Cumulative Chlorellamicroal-

gaecultivation in a closed photobioreactor / MeshcheryakovaYV, Erokhin IV, Nagornov SA. // Science in Central Russia . - Tambov, 2015.№2- 93-100 p.

2. MeshcheryakovaY.V.. Chlorella vulgaris microalgae cultivation for the purpose of biofuel production / Y.V. Meshcheryakova, S. A. Nagornov // Problems of contemporary science and practice. University V. I. Verrnadsky. - 2012. – №12. -.33-36 p.

3. MeshcheryakovaY.V.. Biodiesel from microalgae biomass producing technology / Y.V. Meshcheryakova // Science in the Central Russia. - 2013. - №3. – 76-79 p.

4. Bogdanov, N. I. Suspension of Chlorella in the diet of farm animals / N. I. Bogdanov. – Volgograd : Health and ecology, 2007. – 48 p

5. Solovchenko A. E. Physiological role of the accumulation of neutral lipids in eukaryotic microalgae under stresses / AE Solovchenko // Journal of plant physiology. - 2012. - Vol. 59, No. 2. - 192-202p.

6. Gracheva, I. M. Technology of microbial protein preparations, amino acids and bioenergy / I. M. Gracheva, L. A. Ivanova, V. M. Cantera. — M.: Kolos, 1992.-383 S.

УДК 620

ВОРОБЬЕВ Ю.В., НАГОРНОВ С.А., ЛЕВИНА Е. Ю., ЛЕВИН М. Ю.

БЕЛОЕ ТОПЛИВО ДЛЯ ДВИГАТЕЛЯ

Воробьев Ю.В.
доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Теория машин, механизмов и детали машин», ГОУ ВПО «ТГТУ»
Нагорнов С.А.
доктор техничеких наук, профессор,
зам. директора ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве».
Левина Е. Ю.,
аспирант ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве».
Левин М. Ю.,
кандидат технических наук, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве».

Реферат. *Описаны устройства для получения водно-топливной эмульсии: статический смеситель, с использованием пространственной решетки, выполняемой по типу сетки Хартмана, и гидромеханический смеситель, роторный аппарат с модуляцией потока. Приведены две эмульгирующие системы, которые были специально разработаны для указанных смесителей. В состав первой эмульгирующей системы входят компоненты, имеющие гидрофильные и гидрофобные свойства в соотношении мас.ч. от 1:1 до 1:01, а также масляный агент, компонент, выбираемый из группы гидроксидов и возможный дополнительный компонент, выбираемый из спиртов и эфиров. В состав второй эмульгирующей системы входит группа компонентов, представленная низкомолекулярным анионным поверхностно-активным веществом и неионным поверхностно-активным веществом, группа компонентов, представленная гидрофобизатором и высокомолекулярным поверхностно-активным веществом, третья группа компонентов представлена дисциллятами нефти и четвертая группа компонентов, являющихся маслокомпенсирующими агентами. Были получены водно-*

топливные эмульсии, в зависимости от числа и вида компонентов эмульгирующей системы, время до начала расслаивания водно-топливной эмульсии составляет от 9 суток до 3 месяцев. В случае такого расслаивания гомогенность эмульсии восстанавливается встряхиванием или вибровоздействием независимо от срока. Проведены три группы испытаний: первая группа – на стандартном топливе; вторая группа – структурирование (реформинг) топлива статистическим смесителем; третья группа – структурирование (реформинг) топлива с добавлением воды. Проанализированы результаты эксплуатационных испытаний водно-топливных эмульсий, которые получены с использованием разработанных эмульгирующих систем и смесителей. Показаны преимущества предлагаемых смесевых топлив перед традиционными (ГОСТ) углеводородными моторными топливами: увеличение полноты сгорания топливно-воздушной смеси, уменьшение содержания в выхлопных газах токсичных компонентов, повышение стойкости топлива к детонации, увеличение моторесурса двигателя, уменьшение расхода углеводородного топлива.

***Ключевые слова**: топливо, вода, эмульсия, эмульгирующая система.*

VOROB'EV YU.V., NAGORNOV S.A., LEVINA E. YU., LEVIN M.YU.

WHITE FUEL FOR ENGINE

Vorob'ev Yu. V.,
D. Sc. (Eng.), professor, head of the department «Of theory of mechanisms and machines machine parts», GOU VPO TSTU
Nagornov S. A.,
D. Sc. (Eng.), professor, deputy director of Federal State Scientific Institution All-Russian Research Institute for use of machinery and petroleum products in agriculture.
Levina E. YU.,
Postgraduate of Federal State Scientific Institution All-Russian Research Institute for use of machinery and petroleum products in agriculture.
Levin M. YU.
All-Russian Research Institute for use of machinery and petroleum products in agriculture.

***Summary**. A device for production of water-fuel emulsion is described: static mixer with spatial grid on the Hartman mesh type, hydro-mechanical mixer, rotary apparatus with modulation of the flow. Two emulsifying systems that were specifically designed for these mixers. The first part of the emulsifying system contain components which have hydrophilic and hydrophobic properties in a ratio of wt.h. from 1:1 to 1:01, and also the oil-agent component selected from the group of hydroxides and with possibility to add a component selected from alcohols and ethers. The second emulsifying system includes a group of components represented by low-molecular anionic surface-active agent and non-ionic surface-active substance, a group of components, represented by agent and high molecular weight surface-active substance, a third group of components represented by distillate of oil and the fourth group of components – macro composite agents. Water-fuel emulsion were produced implementing various quantities and type of components of the emulsifying system, the estimated time of water-fuel emulsion delamination varies from 9 days up to 3 months. In the case of such delamination homogeneity of the emulsion is recovered by shaking or vibration regardless of the delamination period. Three groups of tests were conducted: the first group - on the standard fuel; the second group - structuring (reforming) of fuel by statistical mixer; the third group - structuring (reforming) of the fuel with the addition of water. Operational tests results of water-fuel emulsions, produced using the described emulsifying systems and mixers, were analysed.*

***Keywords**: fuel, water, an emulsion, the emulsifier system.*

Введение. С 30-х годов прошлого века известно, что использование водно-топливной эмульсии (ВТЭ) в тепловых двигателях приводит к понижению вредных выбросов NO_x, CO и сажи. ВТЭ известна в Европейских странах, как «белое топливо». Попытки совместить жидкое топливо (дисперсионную среду) и воду (дисперсную фазу) делались со времени появления автомобильного транспорта. О том,что этому топливу принадлежит будущее, говорил еще Генри Форд. Однако широкое применение ВТЭ до сих пор является проблематичным.

Основными препятствиями получения эксплуатационной дисперсной системы с жидкой дисперсионной (органической) средой и жидкой дисперсной (водной)фазой являются следующие. Ряд свойств эмульсий сходен со свойствами коллоидов: они также имеют выраженную поверхность раздела, неустойчивы и нуждаются в стабилизаторах (эмульгаторах).Коллоидные системы обладают различной устойчивостью. Все они стремятся к уменьшению свободной поверхностной энергии за счёт сокращения удельной поверхности коллоидных частиц, что обуславливает их стремление к объединению.Удельная поверхность этих частиц очень велика, поэтому они и обладают большим избытком поверхностной энергии, что, в свою очередь, ведёт к термодинамической неустойчивости коллоидных систем.Процесс объединения коллоидных частиц в более крупные агрегаты называется коагуляцией, которая обычно предшествует коалесценции. Коалесценция сопровождается дальнейшим укрупнением капель и обусловлена действием сил межмолекулярного притяжения. Это самопроизвольный процесс, сопровождающийся уменьшением свободной энергии системы. Устойчивость эмульсий (как и коллоидных систем) невысока, вследствиекоагуляции и коалесценциилегко происходит самопроизвольное слияние капелек водыс последующимих расслоениеми оседанием(седиментация)в углеводородах под действием гравитационного поля. Поэтому нужно ограничение скоростей коагуляции,коалесценции и седиментации. Чем меньше размер капелек, тем устойчивее эмульсия.

Одним из способов удовлетворения указанных требований является эмульгирование до получения ВТЭ требуемой устойчивости. В основе этого способа лежит подбор качественного и количественного состава (концентрации) эмульгирующей системы. Этот подход имеет обоснование, заключающееся в том, что в водных растворах ПАВ существует критическая концентрация мицеллообразования, ниже которой устойчивые мицеллы не возникают, а выше сосуществуют в равновесии с неассоциированными молекулами [1].

Помимо эмульгирующей системы значительную роль в получении качественной эмульсии играют способ и средства смешения полярной и неполярной фаз, от которых зависит размер капель воды (необходимо иметь диаметр капель, не превышающий 3мкм).

Одним из известных способов смешения являетсяультразвуковой, для осуществления котороготребуется определенный состав эмульгирующей системы. Эмульгирующая система насчитывает большое число компонентов, что сильно её удорожает и, вместе с ней, получаемую водно-топливную эмульсию. Примером служит эмульгирующая система, запатентованная нефтяной компанией «ЕлфАнтар Франс (FR)» и насчитывающая тридцать два компонента, в том числе соли платины [2]. Предлагаемаясоляро-водная смесь получила название «аквазоль» и в ходе тест-пробегов суммарной протяженностью более миллиона километров установлено снижение содержания в выхлопных газах оксидов углерода на 80%, оксидов азота – на 30% [3]. Вода снижает температуру в камере сгорания, препятствует образованию оксидов азота и, кроме того, связывает CO, переводя в CO_2 .

К другим распространенным смесителям относятся статические, не требующие подвода электропитания, и гидромеханические.

Результаты и их обсуждение. Для получения водно-топливной эмульсии был разработан статический смеситель-активатор топлива [4], из которого непосредственно использовалась пространственная решетка, выполняемая по типу сетки Хартмана, обеспечивающая разделение жидкостей на отдельные струи и их движение по лабиринтным каналам, где они многократно дробятся. На рис. 1 показан общий вид и разновидности смесителей-активаторов топлива.

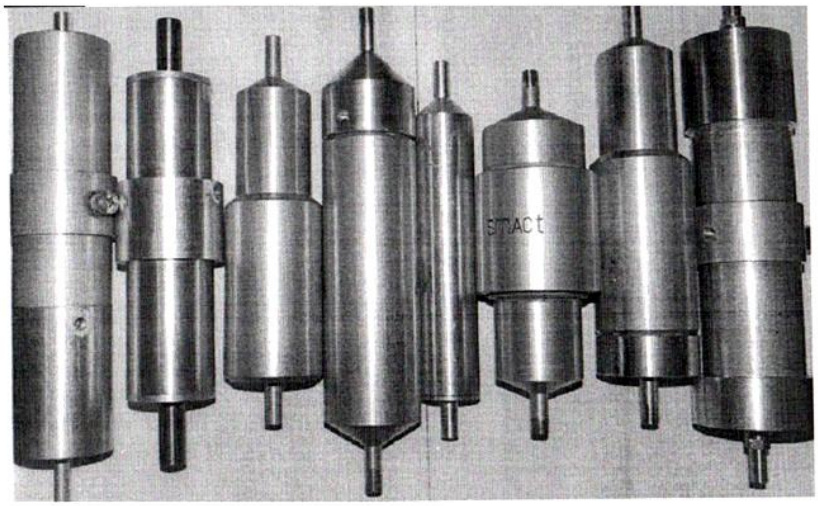


Рисунок 1. – Внешний вид образцов статических смесителей топлива

Также были разработаны два типа малообъемных динамических смесителей: роторно-пульсационные аппараты (РПА) щелевого типа (рисунки 2 и 3) с модуляцией потока [5] и устройство повышения качества с системой контроля качества (рис. 4) жидких топлив [6].

Рисунок 2. – Роторно-пульсационные аппараты щелевого типа (слева – малый, справа – большой)

Рисунок 3. – Роторно-пульсационные аппараты щелевого типа (слева – ротор с крыль-

чаткой, справа – с дополнительным перемешиванием подшипниками)

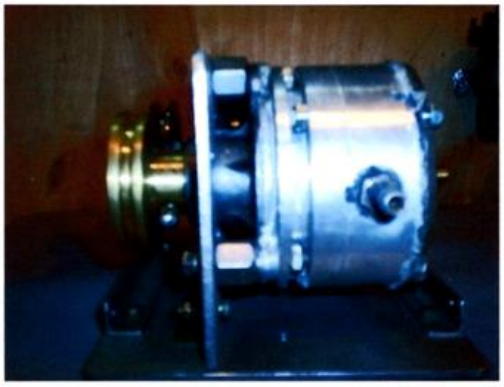


Рисунок 4. – Роторно-пульсационный аппарат щелевого типа (ротор с крыльчаткой, внутри РПА дополнительный кавитатор)

Они относятся к аппаратам с периодическими гидромеханическими процессами и могут применяться в широком диапазоне коэффициента динамической вязкости.

Были разработаны эмульгирующие системы, соответствующие указанным смесителям. В состав первой эмульгирующей системы входят компоненты, имеющие гидрофильные и гидрофобные свойства в соотношении мас.ч. от 1:1 до 1:0,1 в зависимости от вида углеводородного топлива и соотношения по объёмууглеводородного топлива и воды, а также масляный агент, выбираемый из масел или эфиров кислот с высоким индексом вязкости, компонент, выбираемый из группы гидроксидов и возможный дополнительный компонент, выбираемый из спиртов и эфиров [7].

В состав второй эмульгирующей системы входит группа компонентов, представленная низкомолекулярным анионным поверхностно-активным веществом и неионным поверхностно-активным веществом в соотношении от 3:1 до 6:1 соответственно, группа компонентов, представленная гидрофобизатором и высокомолекулярным поверхностно-активным веществом, в третью группу компонентов на выбор могут входить бетаин, пропанол-2, сорбит, дисцилляты нефти и вещество или смесь веществ из четвертой группы компонентов,являющихся маслокомпенсирующими агентами [8]. Общий вид экспериментальной установки для получения ВТЭ в РПА представлен на рис. 5.

Рисунок 5 – Общий вид экспериментальной установки для получения ВТЭ в роторно-пульсационном аппарате

Установка представляет собой смонтированные на металлическом остове: ёмкость для топлива (объемом 3 литра); РПА (малообъёмные); электродвигатель с механическим приводом РПА; электрический насос (12 В); тахометр электронный с механизмом считывания оборотов; блок управления установкой; соединительные топливные трубопроводы; преобразователь напряжения и стабилизированный блок питания.

Состав ВТЭ: углеводородное топливо; деминерализованная (или структурированная) вода; эмульгирующая система.

Предлагаемые водно-топливные эмульсии имели следующее процентное содержание компонентов.

Для бензиновых двигателей: бензин любой марки – 76%; вода – 23%; эмульгирующая система – 1%.

Для дизельных двигателей: дизельное топливо – 74%; вода – 25%; эмульгирующая система – 1%.

Для сельскохозяйственной техники и судовых двигателей: дизельное топливо любой марки – 55%; вода – 43,5%; эмульгирующая система – 1,5%.

В зависимости от числа и вида компонентов время до начала расслаивания водно-топливной эмульсии составляло от 9 суток до 3 месяцев. В случае такого расслаивания гомогенность эмульсии восстанавливается встряхиванием или вибровоздействием независимо от срока.

Для сопоставления результатов и соответствующих выводов проводились три группы испытаний: первая группа – на стандартном топливе; вторая группа – структурирование (реформинг) топлива статистическим смесителем-активатором; третья группа – структурирование (реформинг) топлива с добавлением воды (ВТЭ). Результаты представлены на рисунках 6-9 и в таблицах 1 и 2.

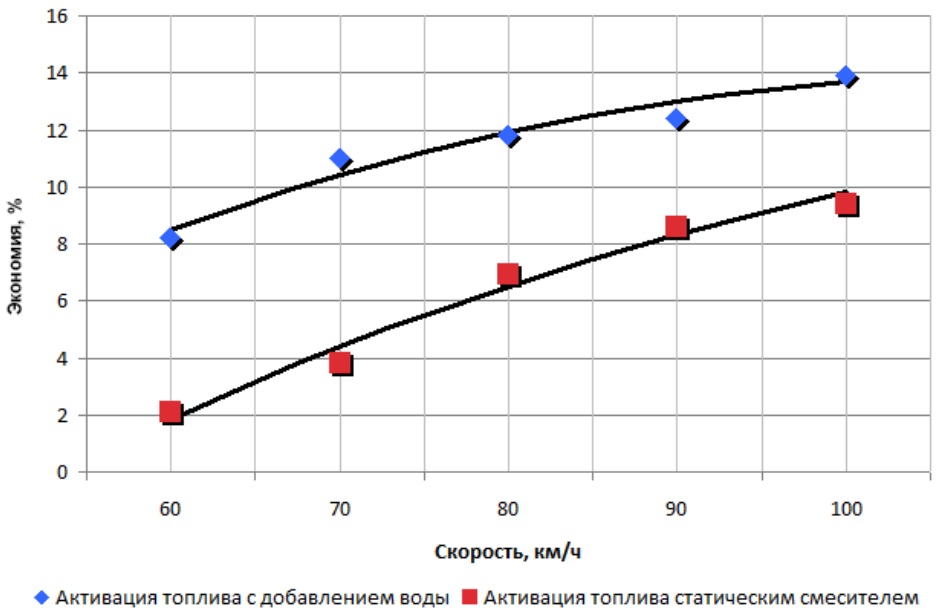


Рисунок 6. - График экономии топлива АИ-92
(в зависимости от скорости движения автомобиля AUDI-90 sportcupe при работе ДВ на ВТЭ без эмульгирующей системы (средний расход воды составил 1,496 л/100 км)

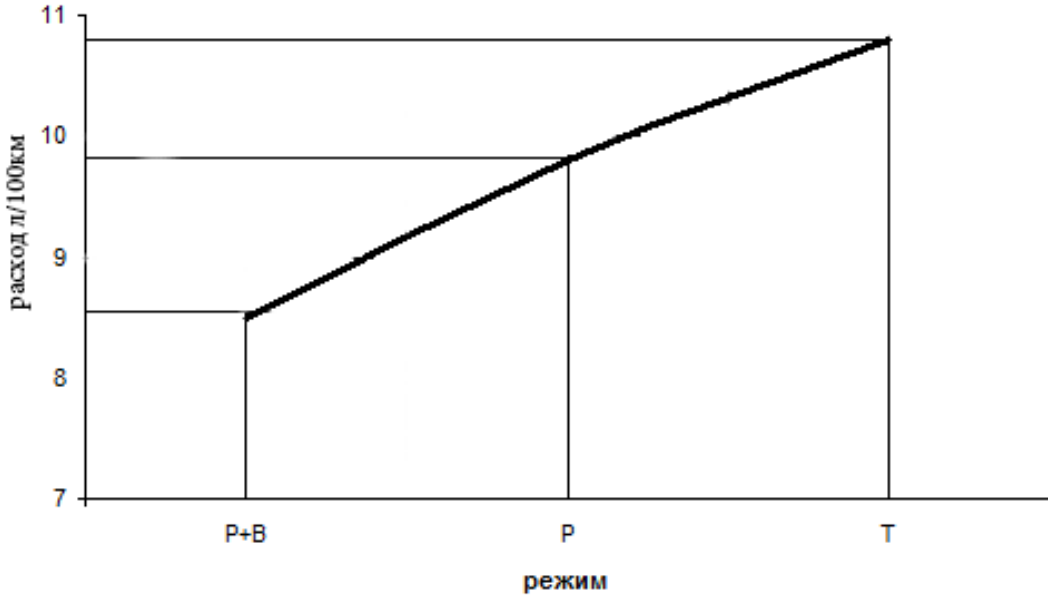


Рисунок 7. - Диаграмма расхода топлива (при движении автомобиля в загородном режиме: Р+В – риформинг топлива с добавлением воды; Р – риформинг топлива; Т – на чистом топливе).

Примечание: Расход воды при движении автомобиля в городском режиме со средней скоростью 40 км/ч составил 1 л/100км. Расход воды при движении автомобиля в загородном режиме со средней скоростью 90 км/ч составил 1,7 л/100 км (при одном и том же положении регулировки дозаторов).

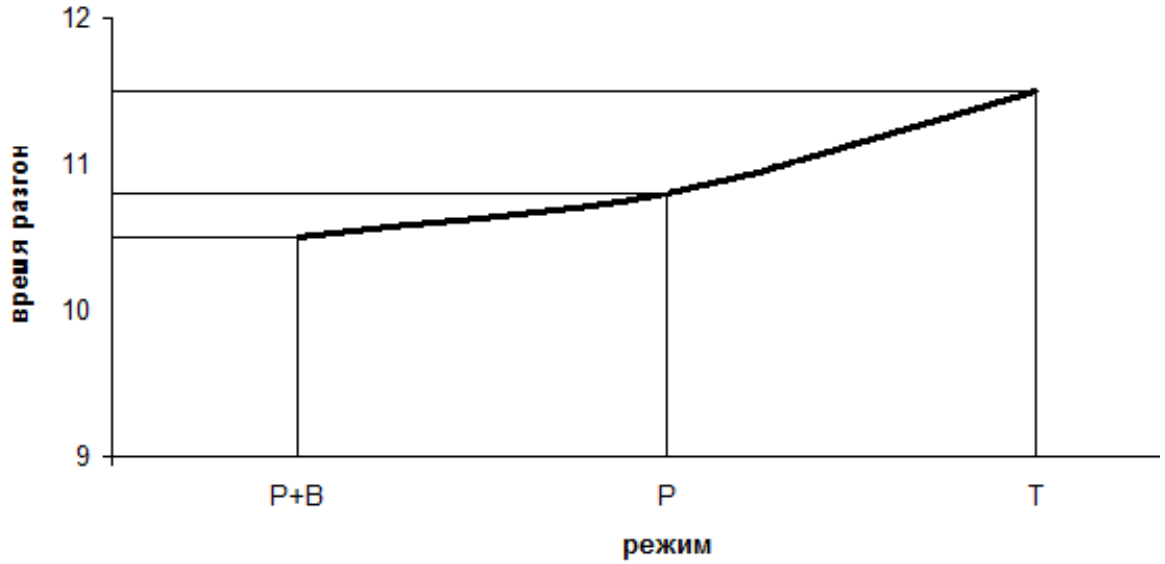


Рисунок 8.- Диаграмма разгона автомобиля (время разгона в секундах) в зависимости от режима работы системы питания автомобиля: Р+В – риформинг топлива с добавлением воды; Р – риформинг топлива; Т – на чистом топливе.

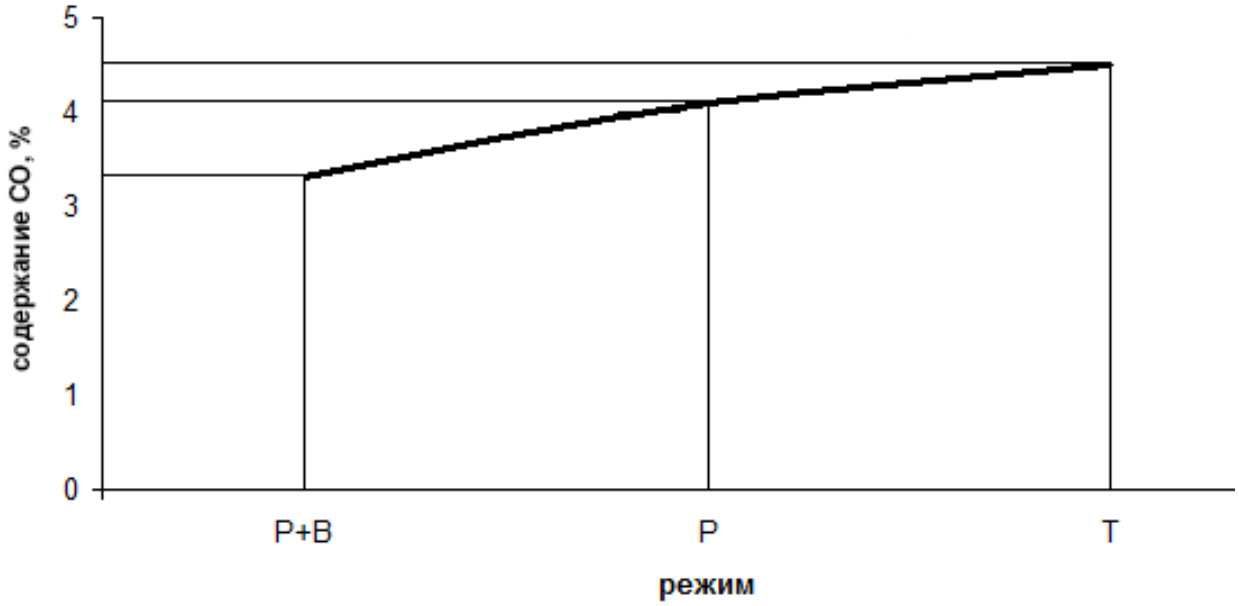


Рисунок 9. - Диаграмма измерения содержания СО в отработавших газах (в зависимости от режима работы системы питания автомобиля: Р+В – риформинг топлива с добавлением воды; Р – риформинг топлива; Т – на чистом топливе).

Таблица 1.-Показатели расхода топлива в загородном режиме движения автомобиля

Режимы	**Расход, (л/100 км)**	**Экономия, (%)**
1. Риформинг топлива с добавлением воды	8,5	+21,3
2. Риформинг топлива	9,7	+10,2
3. На чистом топливе	10,8	0

Таблица 2.- Показатели расхода топлива (АИ-92) в загородном цикле движения автомобиля AUDI-90 sportcupe при работе ДВС на топливе разного качества

Скорость, (км/час)	**Обороты двигателя, (об/мин)**	**Топливо АИ-92**	**Расход топлива АИ-92, (л/100 км)**	**Расход воды, (л/100 км)**	**Экономия топлива АИ-92**
60	1400	Чистое	9,7	-	-
		Структурирование статическим смесителем	9,5	-	2,06%
		ВТЭ без эмульгатора	8,9	1,30	8,25%
70	1700	Чистое	11	-	-
		Структурирование статическим смесителем	10,6	-	3,64%
		ВТЭ без эмульгатора	9,8	1,40	10,91%
80	2000	Чистое	12,1	-	-
		Структурирование статическим смесителем	11,3	-	6,61%
		ВТЭ без эмульгатора	10,7	1,52	11,57%
90	2250	Чистое	13	-	-
		Структурирование статическим смесителем	11,9	-	8,46%
		ВТЭ без эмульгатора	11,4	1,61	12,31%
100	2500	Чистое	13,8	-	-
		Структурирование статическим смесителем	12,5	-	9,42%
		ВТЭ без эмульгатора	11,9	1,68	13,77%

Для сравнения приведем также фото водно-топливной эмульсии, представленное концерном «Эльф Антар Франс» (рис.10) и фото полученной эмульсии с использованием одной из вышеуказанных эмульгирующих систем и роторного аппарата (рис.11). Белые вкрапления соответствуют каплям воды.

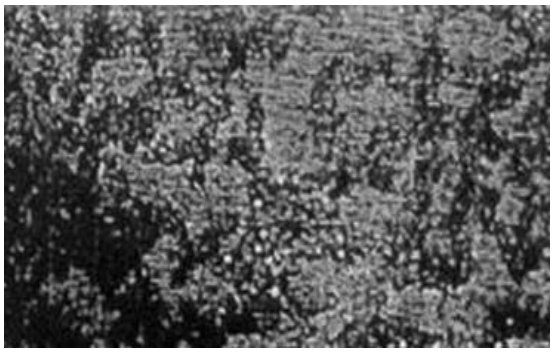


Рисунок 10.- Водно-топливная эмульсия концерна «Эльф»

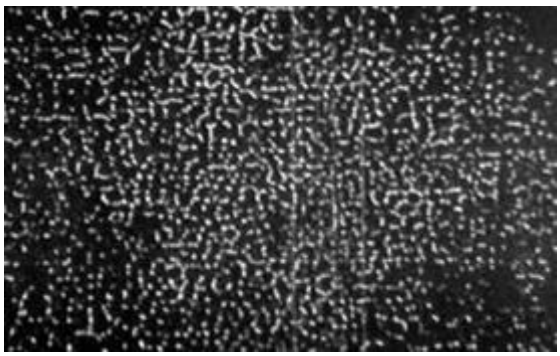


Рисунок 11. - Полученная ВТЭ с эмульгирующей системой

Выводы. Из проведенных эксплуатационных испытаний разработанных ВТЭ на тестируемых автомобилях следует, что наличие в углеводородном топливе диспергированной водной фазы позволяет получить новые свойства, чрезвычайно важные с позиции современных экономико-экологических требований, предъявляемых к моторным топливам.

Установленными факторами являются:

- Увеличение полноты сгорания топливно-воздушной смеси
- Уменьшение содержания в выхлопных газах высокотоксичных элементов (оксидов углерода, азота и серы)
- Повышение стойкости работы двигателя к детонации
- Очищение от нагара камеры сгорания за счет микровзрывного процесса испарения капель воды
- Увеличение ресурса двигателя внутреннего сгорания
- Уменьшение расхода углеводородного топлива (проблема энергосбережения)

Важными факторами также являются взрывоопасность и пожаробезопасность водно-топливных эмульсий.

Время стабильности эмульсии на основе дизельного топлива составляло 20 суток (480 часов) при температуре – (0^0C) и 15 суток (360 часов) при температуре (-10^0C)

Снижение стоимости при эксплуатации двигателя внутреннего сгорания на ВТЭ составляет: для автомобильной техники – до 20%; для сельскохозяйственной техники и судовых двигателей – до 35%.

Список литературы

1. Мицеллообразование, солюбилизация и микроэмульсии. / Под ред. К. Миттел; Пер. с англ. М.Г. Гольдфельда; под ред. В. Н. Измайловой. – М.: Мир, 1980 . – 597 с.

2. Патент 2167920 РФ, МПК 7C10L 1/32. Эмульгированное топливо, присадочный состав для топлива, способ получения эмульгированного топлива, устройство для его осуществления [Текст] / Опе Ален, Шульц Филипп, Брошетт Паскаль; заявитель и патентообладатель СОСЬЕТЕ ЕЛФ АНТАР ФРАНС (FR).- № 98118775/04; заявл.20.10.2000; опубл. 27.05.2001, Бюл.№ 23. - 9 с.

3. Аквазин и другие водоэмульсии [Электронный ресурс]. Опубликовано 18.11.2013 г. – режим доступа: http://g-global-expo.org/index.php/ru/new/66-vodorodnaya-energetika/561-akvazin-i-drugie-vodoemulsii.

4. Патент №2411074 РФ, МПК B01F 13/10. Комбинированный статический смеситель-активатор [Текст] / Воробьев Ю.В., Тетерюков В.Б.; заявитель и патентообладатель Воробьев Ю.В., Тетерюков В.Б.; № 2009124923/05; заявл. 01.07.2009; опубл. 10.02.2011, Бюл. № 13 – 5 с.

5. Патент РФ № 2424047, МПК B01F 11/02. Роторный аппарат [Текст] / С.А. Нагорнов,

Р.В. Фокин, К.С. Малахов; заявитель и патентообладатель ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии; № 2009131387/05(043914); заявл. 18.08.2009; опубл. 20.07.2011, Бюл. № 20 – 7 с.

6. Патент № 2344311 РФ, МПК F02M 37/22, B01D 17/038; Устройство повышения качества и система контроля качества жидких топлив [Текст] / Воробьев Ю.В., Тетерюков В.Б. заявитель и патентообладатель Воробьев Ю.В., Тетерюков В.Б.; № 2006117433/15; заявл. 23.05.2006; опубл. 20.01.2009, Бюл. № 2. – 7 с.

7. Патент № 2365618 РФ, МПК C10L 1/32; Водно-топливная эмульсия [Текст] / Воробьев Ю.В., Тетерюков В.Б. заявитель и патентообладатель Воробьев Ю.В., Тетерюков В.Б.; № 2007103117/04; заявл. 26.01.2007; опубл. 27.08.2009, Бюл. № 24. – 9 с.

8. Патент № 2367683 РФ, МПК C10L 1/32; Топливно-водная эмульсия [Текст] / Воробьев Ю.В., Тетерюков В.Б. заявитель и патентообладатель Воробьев Ю.В., Тетерюков В.Б.; № 2006137344/04; заявл. 23.10.2006; опубл. 20.09.2009, Бюл. № 24. – 7 с.

References

1. Micelloobrazovanie, solûbilizaciâ i mikroèmul’sii. / Pod red. K. Mittel; Per. s angl. M.G. Gol’dfel’da; pod red. V. N. Izmajlovoj. – M.: Mir, 1980 . – 597 s.

2. Patent 2167920 RF, MPK 7C10L 1/32. Èmul’girovannoe toplivo, prisadočnyj sostav dlâ topliva, sposob polučeniâ èmul’girovannogo topliva, ustrojstvo dlâ ego osuŝestvleniâ [Tekst] / Ope Alen, Šul’c Filipp, Brošett Paskal’; zaâvitel’ i patentoobladatel’ SOS′ETE ELF ANTAR FRANS (FR).- № 98118775/04; zaâvl.20.10.2000; opubl. 27.05.2001, Bûl.№ 23. - 9 s.

3. Akvazin i drugie vodoèmul’sii [Èlektronnyj resurs]. Opublikovano 18.11.2013 g. – režim dostupa: http://g-global-expo.org/index.php/ru/new/66-vodorodnaya-energetika/561-akvazin-i-drugie-vodoemulsii.

4. Patent №2411074 RF, MPK B01F 13/10. Kombinirovannyj statičeskij smesitel’-aktivator [Tekst] / Vorob’ev Û.V., Teterûkov V.B.; zaâvitel’ i patentoobladatel’ Vorob’ev Û.V., Teterûkov V.B.; № 2009124923/05; zaâvl. 01.07.2009; opubl. 10.02.2011, Bûl. № 13 – 5 s.

5. Patent RF № 2424047, MPK B01F 11/02. Rotornyj apparat [Tekst] / S.A. Nagornov, R.V. Fokin, K.S. Malahov; zaâvitel’ i patentoobladatel’ GNU VNIITiN Rossel’hozakademii; № 2009131387/05(043914); zaâvl. 18.08.2009; opubl. 20.07.2011, Bûl. № 20 – 7 s.

6. Patent № 2344311 RF, MPK F02M 37/22, B01D 17/038; Ustrojstvo povyšeniâ kačestva i sistema kontrolâ kačestva židkih topliv [Tekst] / Vorob’ev Û.V., Teterûkov V.B. zaâvitel’ i patentoobladatel’ Vorob’ev Û.V., Teterûkov V.B.; № 2006117433/15; zaâvl. 23.05.2006; opubl. 20.01.2009, Bûl. № 2. – 7 s.

7. Patent № 2365618 RF, MPK C10L 1/32; Vodno-toplivnaâ èmul’siâ [Tekst] / Vorob’ev Û.V., Teterûkov V.B. zaâvitel’ i patentoobladatel’ Vorob’ev Û.V., Teterûkov V.B.; № 2007103117/04; zaâvl. 26.01.2007; opubl. 27.08.2009, Bûl. № 24. – 9 s.

8. Patent № 2367683 RF, MPK C10L 1/32; Toplivno-vodnaâ èmul’siâ [Tekst] / Vorob’ev Û.V., Teterûkov V.B. zaâvitel’ i patentoobladatel’ Vorob’ev Û.V., Teterûkov V.B.; № 2006137344/04; zaâvl. 23.10.06; opubl. 20.09.09, Bûl. № 24.–7s.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Отпечатано ООО «Максимал информационные технологии»
398017, г. Липецк, ул. Крупской, 4
Email: naukacr@yandex.ru. Тел. +7 (920) 246-20-64:
Подписано в печать 27.08.2015 Заказ № 60513-01
Формат 60x84/8. Бумага офсетная. Печать электрографическая.
Гарнитура Times. Объем – 10,34 усл. печ. л. Тираж 100 экз.