«НАУКА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ» **«SCIENCE IN THE CENTRAL RUSSIA»** **12+**

Научно-производственный периодический журнал The research-production periodic magazine
Включен в международную базу данных Agris
№3 (21), 2016 г.

снован в 2012 г. **It is based in 2012.**
Выходит 6 раз в год **There are 6 times a year**

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

Журнал «Наука в Центральной России Science in the central Russia»
Учредитель: ФГБНУ ВНИИТИН
Главный редактор: Зазуля А.Н.
№ 3 (21) 20.06.2016, Тираж - 100 экз. Свободная цена
Адрес редакции и издателя: **392022, г. Тамбов, пер. Ново-Рубежный, 28, к. 21,** тел. 8(4752)440-241; e-mail: naukacr@yandex.ru
Отпечатано в типографии ООО «Максимал информационные технологии» 398017, г. Липецк, ул. Ушинского, 8
СМИ зарегистрировано в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) ПИ № ФС77-51695 от 07.12.2012 г.
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», 2016

«НАУКА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ» **«SCIENCE IN THE CENTRAL RUSSIA»**
Научно-производственный периодический журнал The research-and-production periodic magazine
№3 (21), 2016 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:
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве
(ФГБНУ ВНИИТИН)

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

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 работе ФГБОУ 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», 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

Афанасьев Дмитрий Игоревич, Остриков Валерий Васильевич
ОБКАТОЧНОЕ СМАЗОЧНОЕ МАСЛО НА ОСНОВЕ ОТРАБОТАННОГО МАСЛА С ДОБАВЛЕНИЕМ ПРИСАДОК 5
Afanasiev Dmitry Igorevich, Ostrikov Valery Vasilyevich
BREAK-LUBRICATING OILS OF USED OIL ADDITIVE 5
Доровских Владимир Иванович, Капустин Василий Петрович, Доровских Дмитрий Владимирович, Альлами Садек Фенжан Хаснави
ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ МОЛОКА 9
Dorovskih Vladimir Ivanovich, Kapustin Vasily Petrovich, Dorovskih Dmitry, Sadeq al-Lami Fenzhan Hasnavi
JUSTIFICATION OF RATIONAL MODES OF USE EQUIPMENT FOR PRIMARY PROCESSING OF MILK 10
Родионов Юрий Викторович, Капустин Василий Петрович, Никитин Дмитрий Вячеславович, Протасов Дмитрий Николаевич, Иванова Екатерина Петровна, Платицин Павел Сергеевич
ИССЛЕДОВАНИЕ И ВЫБОР РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА СУШКИХМЕЛЕ-ТЫКВЕННОЙ ЗАКВАСКИ 15
Rodionov, Yu.V., Kapustin, V.P., Nikitin, D.V., Protasov, D.N., Ivanova, E.P., Platitsin, P.S.
INVESTIGATION OF PUMPKIN HOP YEAST DRYING PROCESS 16
Ерохин Геннадий Николаевич, Коновский Валерий Викторович
МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСХОДА ТОПЛИВА ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ 24
Erokhin Gennady, Konovskiy Valery
MODELLING FUEL CONSUMPTION OF COMBINE HARVESTERS 25
Сазонов Сергей Николаевич, Сазонова Дамира Давидовна
ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНИКИ И ФОРМИРОВАНИЯ ПАРКА МАШИН В ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВАХ 32
Sazonov Sergei Nikolaevich, Sazonova Damira Davidovna
SPECIFICS OF USING MACHINERY AND FORMING MACHINE FLEET IN FARM ENTERPRISES 32
Кувайцев Виктор Николаевич, Ларюшин Николай Петрович, Лысый Сергей Петрович, Шуков Александр Васильевич
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РАБОТЫ КАТУШЕЧНОГО ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА ДЛЯ ВЫСЕВА СЕМЯН МАСЛИЧНЫХ МЕЛКОСЕМЕННЫХ КУЛЬТУР 40
Kuvaytsev Victor, Laryushin Nikolay, Lyssyi Sergey, Shukov Alexander
THEORETICAL RESEARCHES OF TECHNOLOGICAL PROCESS OF OPERATION OF THE BOBBIN SOWING DEVICE FOR SEEDING OF MELKOSEMENNY OILSEEDS OF CULTURES 41
Кувайцев Виктор Николаевич, Ларюшин Николай Петрович, Мамонов Александр Васильевич, Шуков Александр Васильевич
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ РЫЧАЖНО-КУЛАЧКОВОГО ВАРИАТОРА ПРИВОДА ВЫСЕВАЮЩИХ АППАРАТОВ СЕЯЛКИ 48
Kuvaytsev Victor, Laryushin Nikolay, Mamonov Alexander, Shukov Alexander
THEORETICAL RESEARCHES OF PARAMETERS OF THE LEVER AND CAM VARIATOR OF THE DRIVE OF THE SOWING SEEDER DEVICES 48
Омаров Акылбек Нурлыбекович
МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СОВМЕЩЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ И ХИМИЧЕСКИХ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ПОСЕВОВ СВЕКЛЫ……...54

Omarov Akylbek Nurlybekovich
STUDY OF COMBINATION PROCESS OF MECHANICAL AND CHEMICAL METHODS FOR TREATMENT OF BEET CROPS……..…….55
Уханов Александр Петрович, Година Елена Дмитриевна, Уханова Юлия Владимировна
ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОБЩИХ УДЕЛЬНЫХ ЭНЕРГОЗАТРАТ ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА ПРИ РАБОТЕ НА ДИЗЕЛЬНОМ СМЕСЕВОМ ТОПЛИВЕ 61
Ukhanov Alexander Petrovich, Godina Yelena Dmitrievna, Ukhanova Yuliya Vladimirovna
THEORETICAL ESTIMATE OF TOTAL SPECIFIC ENERGY CONSUMPTION OF TRACTOR UNITS AT OPERATION ON DIESEL MIXED FUEL 62
Шулаев Геннадий Михайлович, Энговатов Вячеслав Фёдорович, Милушев Ринат Келимулович, Бетин Александр Николаевич, Вотановская Нина Александровна
ТЕХНОЛОГИЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ДОБАВОК ДЛЯ КОМБИКОРМОВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО БЕЛКА..... 69
Shulayev Gennady Mikhaylovich, Engovatov Viacheslav Fedorovich, Milushev Rinat Kelimulovich, Betin Alexander Nikolaevich, Votanovskaya Nina Aleksandrovna
TECHNOLOGY FOR PRODUCING ADDITIVES FOR THE CONCENTRATING MIXED FEED FROM PLANT RAW MATERIAL 69
Тишанинов Николай Петрович, Анашкин Александр Витальевич, Альшинайиин Хайдер Джамил Джабер
ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ И ПАРАМЕТРОВ ПРИБОРА ДЛЯ РАССЕВА ПРОБ ЗЕРНОСМЕСЕЙ..... 74
Tishaninov Nikolay Petrovich, Anashkin Alexander Vitalyevich, Alshinayiin Haider Jamil Jaber
JUSTIFICATION OF OPERATING MODES AND PARAMETERS OF THE DEVICE FOR SIEVING GRAIN MIXES SAMPLES..... 74

УДК 621.436

ОБКАТОЧНОЕ СМАЗОЧНОЕ МАСЛО НА ОСНОВЕ ОТРАБОТАННОГО МАСЛА С ДОБАВЛЕНИЕМ ПРИСАДОК

Афанасьев Дмитрий Игоревич,
инженер, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве,
E-mail: viitinlab8@bk.ru
Остриков Валерий Васильевич,
доктор технических наук, заведующий лабораторией, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве,
E-mail: viitinlab8@bk.ru

Реферат. *Известно, что обкатка двигателей внутреннего сгорания является важнейшей составляющей ремонта, определяющей дальнейшую надёжную и длительную эксплуатацию машины. Однако, после проведения технологического процесса ремонта, в условиях ремонтных мастерских обкатку двигателя проводят в лучшем случае на масле М-10Г$_2$, что снижает эффективность дальнейшей работы двигателей и уменьшает их межремонтный ресурс. В состав существующих, дорогостоящих товарных обкаточных масел входят различного рода поверхностно-активные вещества, присадки, притирочные материалы и масляная основа. Масло после проведения операции обкатки чаще всего не пригодно к дальнейшему использованию. В лаборатории использования смазочных материалов разрабатывается состав обкаточного масла на основе глубокоочищенного отработанного масла. На предварительном этапе исследований установлено, что если из отработанного моторного масла удалить смолы, асфальтены, продукты окисления, то можно получить основу обкаточного масла по своим физико-химическим показателям не уступающую традиционно используемой. Показано, что в состав обкаточного масла может входить олеиновая кислота, карбамид, молибденсодержащая присадка, графены. Карбамид, вносимый в расплавленном состоянии в масло, после перекристаллизации преобразуется в игловидное мелкодисперсное состояние, выполняя роль притирочного материала. В первом приближении ставится задача многократного использования обкаточного масла за счёт удаления из отработавшего масла всех видов примесей и загрязнений, образующихся в процессе обкатки.*

Ключевые слова: *обкаточное масло, ремонт, двигатель, отработанное масло, смолы, очистка, состав, свойства, реагент, присадки, графены.*

BREAK-LUBRICATING OILS OF USED OIL ADDITIVE

Afanasiev Dmitry Igorevich,
engineer, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, E – mail: viitinlab8@bk.ru
Ostrikov Valery Vasilyevich,
Full Doctor of technical Sciences, laboratory chief, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, E – mail: viitinlab8@bk.ru

Abstract. *It is known that the Roll Off Trailers of internal combustion engines is a critical component of repair further defining a reliable and continuous operation of the machine. It is known that the Roll Off Trailers of internal combustion engines is a critical component of repair further defining a reliable and continuous exploitation of the machine. However after the technological repair process in terms of repair shops engine break is carried out in the best case for oil M-10G$_2$ which reduces the efficiency of engines and reduces their overhaul period. The structure of existing, expensive commodity break-oils includes various types of surfactants, additives, lapping materials and oil-based. The oil after the break-in operation is most often not suitable for further*

use. In the laboratory, the use of lubricants developed composition break-in oil based on highly refined waste oil. At the preliminary stage of the research it found that if from used motor oil to remove gum, asphaltenes, oxidation products, you can get a break-in base oil in its physical and chemical characteristics are not inferior to traditionally used. It was established that in the break-in oil may include oleic acid, urea, molybdenum-containing additive, graphite. Urea is being made in the molten state in the oil, after recrystallization is converted into needle-like finely divided state, acting as a lapping material. In the first approximation, the task reusable break-in oil by removing the oil from the exhaust of all kinds of impurities and contaminants generated during the running.

Keywords: *break-in oil, repairs, engine, used oil, resins, cleaning, composition, properties, agent, additives, graphite.*

Введение. Известно, что в сельском хозяйстве Российской Федерации используется около 5,5 млн двигателей внутреннего сгорания (ДВС) [1]. Как правило, при эксплуатации тракторов и сельскохозяйственной техники, большая часть отказов приходится на двигатель, это обусловлено тем, что при работе машин в полевых условиях их силовой агрегат постепенно изнашиваются. По этой причине понижается мощность, увеличивается расход топлива, повышается расход масла на угар, и как следствие начинается более интенсивный износ. Своевременное проведение технического обслуживания и ремонта двигателей позволяет решить данную проблему.

Исходное качество поверхности, получаемое при технологической обработке деталей машин, имеет характеристики, которые часто не совпадают с эксплуатационными показателями, поэтому после ремонта тракторного двигателя необходимо выполнить стендовую обкатку с последующим контрольным испытанием. Обкатка – завершающая и очень важная операция технологического процесса ремонта машин, в ходе которой происходит приработка поверхностей трения, то есть достигается близкая к эксплуатационной шероховатость, исправляются неровности деталей, а также увеличивается фактическая площадь контакта трущихся сопряжений [2]. Качество проведённой обкатки влияет на первоначальный износ двигателя, а также на его надёжность и ресурс. Собранный дизель обкатывают и испытывают на специальных обкаточно-тормозных стендах. Продолжительность и режимы обкатки двигателей устанавливаются техническими требованиями отдельно для каждой марки силового агрегата тракторов [3]. Как известно, обкатка двигателя полностью завершается через 60 м-ч, но наиболее ответственный период – это первые 2…3 м-ч [3], поэтому во время стендовых испытаний необходимо строго соблюдать режимы нагружения двигателя согласно техническим требованиям. В целях сокращения продолжительности послеремонтной обкатки на некоторых ремонтных предприятиях и в условиях мастерских сельскохозяйственного производства используются методы ускоренной обкатки. Наибольший интерес представляет собой использование во время обкатки приработочных масел, так как при работе двигателя масло имеет доступ практически ко всем трущимся поверхностям деталей двигателя.

Результаты и обсуждение. Обкаточные масла представляют собой нефтяные масла с присадками, которые используются для ускорения приработки поверхностей трения механизмов после их изготовления или ремонта, а также для подготовки к восприятию эксплуатационных нагрузок без возникновения износа и заеданий [3]. В отличие от эксплуатационных масел, эти смазочные материалы имеют в своём составе специальные приработочные компоненты.

В различных литературных источниках говорится, что обкаточное масло должно отвечать следующим требованиям: иметь хорошую прокачиваемость и охлаждающие свойства, но в то же время создавать на поверхностях трения надежную масляную пленку.

Присадки к обкаточным маслам делят на 3 группы: поверхностно-активные, инактивные и химически-активные [4,5].

Поверхностно-активные вещества реализуют на поверхностях трения эффект Ребиндера. Данный эффект заключается в том, что при наличии в масле полярно-активных молекул они создают граничные адсорбционные слои на поверхности, благодаря чему происходит их пла-

стификация. В результате ускоряется приработка микрорельефа. В дальнейшем осуществляется инверсия смазочного действия, т. е. последующее упрочнение поверхностных слоев, обеспечивающее повышенную износостойкость деталей в эксплуатации. В качестве поверхностно-активных веществ наиболее часто применяют олеиновую, стеариновую и рицинолевую кислоты, эфиры органических кислот, глицерин и др. [6].

Инактивные присадки представляют собой мелкоструктурные абразивные порошки, которые выполняют шлифовку шероховатостей, а также создают эффект металлоплакирования, т.е. заполняют микровпадины на поверхностных слоях трения за счёт свободных молекул пристенного слоя, при этом увеличивается фактический контакт поверхностей, и как следствие снижается давление в сопряжениях и уменьшается притирочный износ двигателя.

Химически-активные присадки представляют собой органические соединения серы, фосфора и хлора [5].

В литературных источниках говорится о том, что наибольшую эффективность имеют органические соединения серы: сульфиды, ксантогенаты, тио- и дитиокарбонаты [5]. В процессе взаимодействия сернистых соединений образуется сульфидная плёнка, надёжно защищающая поверхности от задиров и износа, и в тоже время тонкий поверхностный слой исходной детали разупрочняется [5,6].

Смазочные материалы являются второй по значимости после топлива статьёй затрат в сельскохозяйственном производстве, поэтому вторичное применение отработанных нефтепродуктов позволяет повысить эффективность использования эксплуатационных ресурсов.

В лаборатории использования смазочных материалов и отработанных нефтепродуктов ФГБНУ «ВНИИТИН» предложено использовать обкаточное масло, получаемое на основе отработанного масла с добавлением в качестве приработочных присадок графена и карбамида. Главным достоинством данного смазочного материала является то, что он может быть многократно использован при обкатке двигателей тракторов.

За основу для приготовления обкаточного материала предложено использовать очищенное отработанное моторное минеральное масло.

Для очистки загрязнённого масла от смол, продуктов окисления разработан следующий технологический процесс очистки. На первом этапе масло очищают смесью компонентов: моноэтаноламина и изопропилового спирта. Процесс очистки проходит следующим образом. В предварительно нагретое масло добавляют (1 % об.) моноэтаноламина и (1 % об.) изопропилового спирта, затем при постоянном перемешивании нагревают масло до температуры 100-110 ˚С. Происходит коагуляция крупных частиц загрязнений, после чего центрифугируют и удаляют осадок. Далее выполняется второй этап очистки. Нагретое до температуры 70-80 ˚С масло обрабатывается смесью компонентов: моноэтаноламин (1 % об.) и реагент (1 % об.). Реагент представляет собой смесь изопропилового спирта (80 % об.), метилэтилкетона (10 % об.) и ортофосфорной кислоты (10 %). Масло, обработанное компонентами, нагревается до 100-120 ˚С при непрерывном перемешивании. После чего центрифугированием вновь удаляют наиболее мелкие скоагулировавшие частицы.

В ходе лабораторных исследований было установлено, что очистка минерального масла вышеизложенным способом позволяет получить высококачественную основу, содержащую около 30 % несработавших антиокислительных, противоизносных, антикоррозионных присадок [7,8,9,10,11,12,13]. Очищенное от смол, асфальтенов и прочих загрязнений масло по своим физико-химическим показателям пригодно для приготовления обкаточного масла. В таблице 1 представлены основные показатели масла до и после очистки.

Таблица 1 – Результаты физико-химического анализа масла

Показатели	Отработанное масло (исходное)	Очищенное По предлагаемому способу
Вязкость кинематическая при 100 ˚С, мм^2/с	10,22	9,30

Щелочное число, мг КОН/г	3,86	2,90
Кислотное число, мг КОН/г	2,36	0,15
Содержание нерастворимого осадка, %	0,8	0,001
Содержание воды, %	0,1	отс.
Цвет, ед. ЦНТ	9	4,5

Предполагается, что в состав разрабатываемого обкаточного масла входят следующие компоненты: олеиновая кислота: 1-4 %; карбамид: 0,2-0,8 %; молибденосодержащая присадка: 2-4 %; графены: 0,05-0,15 %; многофункциональная присадка ДФ-11: 1-2,5 %; очищенное отработанное моторное масло: 88,5 %.

Характерной особенностью предлагаемого обкаточного масла является то, что в своём составе в качестве инактивной присадки используется карбамид, а в качестве противоизносного компонента - графены.

Карбамид имеет температуру плавления 135 ˚С, он вносится в предварительно очищенную масляную основу в расплавленном состоянии. При кристаллизации карбамид заполняет равномерно объём масла в виде мелкодиспергированных кристаллов. В процессе обкатки двигателя кристаллы выполняют функцию мягкой шлифовки шероховатостей поверхностей трения. Стоит отметить, что карбамид повышает прочностные свойства масляной плёнки, что является обязательным требованием к приработочным маслам.

Ещё одной отличительной особенностью разрабатываемого обкаточного масла является то, что в его состав входят графены. В ходе лабораторных испытаний на ЧШМТ были определены противоизносные свойства данного компонента. При добавлении в очищенное масло графенов в концентрации 0,1 % улучшаются его противоизносные функции. Диаметр пятна износа при 150 ℃ составил на чистом масле М-10$Г_{2к}$ – 0,313 мм, а на масле с присадкой – 0,271 мм, что говорит о высоких противоизносных свойствах полученного масла.

Выводы. Таким образом, обкаточное масло, приготовленное на основе отработанного, с содержанием в своём составе карбамида и графенов по определению может являться очень эффективным смазочным материалом, который позволит значительно сократить время обкатки, а также добиться более высокого качества приработки деталей отремонтированного двигателя при минимальном начальном износе.

Список литературы

1. Мельников, А.Ф. Эффективность применения присадок на основе частиц твёрдых материалов при приработке деталей двигателей внутреннего сгорания // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. № 4 (3). С. 1116-1118.

2. Молчалов, И.И., Костенко, С.И., Васильев, В.А. Ремонт сельскохозяйственной техники. М.: Колос, 1984. 255 с.

3. Бабусенко, С.М. Ремонт тракторов и автомобилей. М.: Агропромиздат, 1987. 351 с.

4. Шаронов, Г.П. Применение присадок к маслам для ускорения приработки двигателей. Л.: Химия, 1965. 224 с.

5. Храмцов, Н.В. Обкатка и испытание автотракторных двигателей. М.: Агропромиздат, 1991. 125 с.

6. Дунаев, А.В. Системное применение триботехнологий на всех этапах жизненного цикла машин и оборудования // Труды ГОСНИТИ. 2013. № 2. С. 88-91.

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

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

9. Остриков, В.В., Тупотилов, Н.Н., Корнев, А.Ю., Власов, С.В. Смазочная композиция

на основе отработавшего моторного масла // Химия и технология топлив и масел. 2006. № 4. С. 35-37.

10. Остриков, В.В., Матыцин, Г.Д., Тупотилов, Н.Н., Корнев, А.Ю. Установка для очистки масел и приготовления в условиях потребителя плёнкообразующих добавок к смазочным материалам // Техника в сельском хозяйстве. 2008. № 5. С. 44-46.

11. Остриков, В.В., Уханов, А.П., Сафаров, К.У., Нагорнов, С.А., Клеймёнов, О.А., Прохоренков, В.Д. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости: учеб. пособие. Ульяновск: Ульяновская ГСА, 2009. 575 с.

12. Прохоренков, В.Д., Остриков, В.В., Князева, Л.Г. Использование отработанных моторных масел как основы для консервационных материалов // Практика противокоррозионной защиты. 2002. № 2. С. 40-45.

13. Прохоренков, В.Д., Остриков, В.В., Князева, Л.Г., Чернышева, И.Ю. Противокоррозионные свойства отработанного моторного масла М10$Г_2$(К) // Практика противокоррозионной защиты. 2003. № 2. С. 7-11.

References

1. Melnikov, A.F. The effectiveness of the additives based on the particles of solid material during running parts of internal combustion engines // Bulletin of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2011. № 4 (3). Page 1116-1118.

2. Mochalov, I.I., Kostenko, S.I., Vasiliev, V.A. Agricultural machinery repair. M .: Kolos, 1984. 255 s.

3. Babusenko, S.M. Repair of tractors and cars. M .: Agropromizdat, 1987. 351 s.

4. Sharonov, G.P. The use of oil additives for engines running acceleration. L .: Chemistry, 1965. 224 s.

5. Hramtsov, N.V. Running-in and testing of automotive engines. M .: Agropromizdat, 1991. 125 s.

6. Dunayev, A.V. Systemic application tribotehnology at all stages of the life cycle of machines and equipment // Proceedings GOSNITI. 2013. № 2. Page 88-91.

7. Ostrikov, V.V., Tupotilov, N.N, Popov, S.YU. Research purification of waste synthetic motor oils specific solvents // Science in central Russia. 2013. № 5. Page 27-30.

8. Ostrikov, V.V., Korneev, A.Y., Minako, I.A. The use of oil in the engines of foreign equipment // Rural mechanic. 2012. № 5, Page 32-33.

9. Ostrikov, V.V., Tupotilov, N.N., Kornev, A.YU., Vlasov, S.V. The lubricant composition based on the spent engine oil // Chemistry and technology of fuels and oils. 2006. № 4. Page 35-37.

10. Ostrikov, V.V., Matytsin, G.D., Tupotilov, N.N., Kornev, A.YU. Installation for the purification of oils and preparations in terms of the consumer film-forming additives to lubricants // technique in agriculture. 2008. № 5. Page 44-46.

11. Ostrikov, V.V., Uhanov, A.P., Safonov, K.U., Nagornov, S.A., Kleimenov, O.A. Prohorenkovs VD Fuel, lubricants and industrial fluids: Proc. allowance. Ulyanovsk: GAW Ulyanovsk, 2009. 575 s.

12. Prohorenkovs, V.D., Ostrikov, V.V., Knyazeva, L.G. The use of used motor oil as a basis for conservation materials // Practice corrosion protection. 2002. № 2. Page 40-45.

13. Prohorenkovs, V.D., Ostrikov, V.V., Knyazeva, L.G., Chernysheva, I.Y. Anticorrosive properties used motor oil M10G2 (K) // Practice corrosion protection. 2003. № 2. Page 7-11.

УДК 637.02

ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ МОЛОКА

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

Капустин Василий Петрович,
доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», kapustinvp.prof@yandex.ru
Доровских Дмитрий Владимирович,
кандидат технических наук, доцент, научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, тел. E-mail: dima.dorovskikh@yandex.
Альлами Садек Фенжан Хаснави
магистр кафедра «Агроинженерия» ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», kapustinvp.prof@yandex.ru

Реферат. *Рассмотрены условия обеспечения высокого качества сырого молока при сдаче его потребителю. Определены показатели качества технологического процесса первичной обработки молока: плотность, кислотность, бактериальная обсемененность, механическая загрязненность, потери жирности в процессе обработки, а также эксплуатационно-технологические показатели. Установлены границы эффективного использования оборудования в зависимости от факторов производства. Разработан алгоритм и средства контроля позволяющие выявлять конкретные резервы повышения эффективности использования оборудования для первичной обработки молока: Установлены основные резервы повышения эффективности использования линий первичной обработки молока: снижение начальной бактериальной обсеменённости молока путем качественного и своевременного удаления механических примесей, а также улучшения режима промывки и санитарного состояния оборудования; выбор рациональной схемы компоновки линии исходя из условий производства и технических возможностей оборудования; выбор рационального режима хранения молока на основе начальных показателей качества молока, продолжительности хранения и условий доставки его потребителю. Разработан вариант комбинированной технологической схемы предварительного охлаждения молока в потоке с использованием проточных охладителей, сбором подогретой воды в промежуточных емкостях и дальнейшем ее использовании для поения животных обеспечивающий сокращение времени выхода на режим охлаждения танка охладителя и как следствие снижение потребления электроэнергии; сокращение фазы интенсивного размножения бактерий, повышение качества молока, возможность более длительного его хранения; повышение продуктивности животных, в результате поения их подогретой водой. При предварительном охлаждении молока в потоке время охлаждения до 5°С примерно в 4 раза меньше чем в варианте с наморозкой льда и в 6 раз меньше чем при непосредственном охлаждении.*

Ключевые слова*: молоко, качество, показатели, границы эффективности, алгоритм оценки, ресурсы производства.*

JUSTIFICATION OF RATIONAL MODES OF USE EQUIPMENT FOR PRIMARY PROCESSING OF MILK

Dorovskih Vladimir Ivanovich,
Candidate of Technical Science, Associate Professor, Leading Researcher, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Tambov, E-mail: dorovskih50@mail.ru
Kapustin Vasily Petrovich,
Full Doctor Doctor of Technical Science, professor of «Agricultural Engineering» department of the Tambov State Technical University.kapustinvp.prof@yandex.ru
Dorovskih Dmitry,
Candidate of Technical Science, Associate Professor, Researcher, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Tambov, E-mail: dima.dorovskikh@yandex.
Sadeq al-Lami Fenzhan Hasnavi

Master Chair "Agroengineering" Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Tambov State Technical University»,
E-mail: kapustinvp.prof@yandex.ru

Abstract. *Terms of providing of the high quality of raw milk upon delivery to the consumer are considered. Quality parameters of the process of primary processing of milk density, acidity, bacterial contamination, mechanical impurities, fat loss during processing, as well as operational and technological parameters are determined. The boundaries of the effective use of the equipment, depending on the factors of production are determined. Algorithm and means of control allow the detection of specific reserves of increase of efficiency of use of the equipment for the primary processing of milk are developed. The main reserves of increase of efficiency of use of primary processing of milk lines are installed: decrease in initial bacterial contamination milk by quality and timely removal of mechanical impurities, and improve the washing mode and the sanitary condition of the equipment; choice rational line layout scheme based on the conditions of production and technical capabilities of the equipment; choice of rational modes of storage of milk on the basis of the initial indicators of the quality of milk, storage time and conditions of delivery to the consumer. Option combined technological scheme of pre-cooling milk in a stream using the flow coolers, collection of heated water in the intermediate tank and subsequently using it for watering the animals providing faster time to cooling tank cooling mode and as a result of reduction of energy consumption; reduction of the intensive phase of bacterial growth, improving the quality of milk, the possibility of a more prolonged storage; increase animal productivity, as a result of their drinking warm water are developed. In the pre-cooling milk in the flow of cooling time to 5 ° C is about 4 times less than in the embodiment freezing with ice and 6 times less than the direct cooling.*

Keywords: *milk, quality, performance, efficiency frontier, evaluation algorithm, production resources.*

Введение. В настоящее время одним из существенных факторов получения молока высокого качества является его первичная обработка. Качественные характеристики этого процесса определяют конечный результат производства молока, а также качество продуктов его переработки и, как следствие, эффективность производства в целом. Поэтому, в сложившихся экономических условиях особенно насущно встает вопрос о совершенствовании системы управления качеством первичной обработки молока.

Материалы и методы. Эффективность существующих в настоящее время систем управления качеством первичной обработки молока недостаточно высока, что объясняется действием многих факторов, снижающих качество молока в процессе выполнения технологических операций. Согласно ГОСТ Р 52054-2003 молоко, прошедшее первичную обработку и поступающее к потребителю должно иметь определенные свойства, обуславливающие качество молока. По органолептическим показателям молоко должно соответствовать требованиям, указанным в таблице 1.

Таблица 1 – Требования к органолептическим показателям молока.

Наименование показателя	Норма для молока сорта			
	высшего	первого	второго	несортового
Консистенция	Однородная жидкость без осадка и хлопьев. Замораживание не допускается			Наличие хлопьев белка, механических примесей
Вкус и запах	Чистый, без посторонних запахов и привкусов, не свойственных свежему натуральному молоку			Выраженный кормовой привкус и запах

		Допускается в зимне-весенний период, слабовыраженный кормовой привкус и запах	
Цвет	От белого до светло-кремового		Кремовый, от светло-серого до серого

По физико-химическим показателям молоко должно соответствовать нормам, указанным в таблице 2.

Таблица 2 – Требования к физико-химическим показателям молока.

Наименование показателя	Норма для молока сорта			
	высшего	первого	второго	несортового
Кислотность, °Т	От 16,00 до 18,00	От 16,00 до 18,00	От 16,00 до 20,99	Менее 15,99 или более 21,00
Группа чистоты, не ниже	I	I	II	III
Плотность, кг/м³, не менее	1028,0	1027,0	1027,0	Менее 1026,9
Температура замерзания, °С *	Не выше минус 0,520			Выше минус 0,520
* Может использоваться взамен определения плотности молока.				

Содержание токсичных элементов, афлатоксина M_1, антибиотиков, ингибирующих веществ, радионуклидов, пестицидов, патогенных микроорганизмов, в т.ч. сальмонелл, КМАФАнМ и соматических клеток в молоке должно соответствовать действующим санитарным нормам.

Молоко, предназначенное для изготовления продуктов детского и диетического питания, должно соответствовать требованиям высшего сорта и по термоустойчивости должно быть не ниже II группы в соответствии с ГОСТ 25228.

Базисная общероссийская норма массовой доли жира молока - 3,4%, базисная норма массовой доли белка – 3,0%.

Молоко после дойки должно быть профильтровано (очищено). Охлаждение молока проводят в хозяйствах не позднее 2 ч после дойки до температуры (4+2) °С.

Результаты и обсуждение. Согласно проведенным нами исследованиям [1 - 4] бактерицидная фаза определяется по формуле:

$$t_b = 7{,}22\ 10^6 \Big/ \left(Б_о 2^{(0{,}1T_п)^{1{,}61}}\right), \qquad (1)$$

где $Б$о - начальная бактериальная обсемененность; Tп - температура хранения молока.

Бактериальная обсемененность при времени хранения $T_п < t_b$:

$$Б = Б_о\left(6{,}35\ 10^{-5}\ T_п^{3{,}82} t_п + 1\right); \qquad (2)$$

При Tп > tb: $T_п > t$:

$$Б = Б_о\left(6{,}35\ 10^{-3}\ T_п^{3{,}82}\ t_п + 1\right)\left(2^{t_п - t_б/2{,}130{,}046T_п + 1} - 1\right); \qquad (3)$$

При оценке влияния качества молока учитываются исходные показатели качества молока – начальная температура (T_0), бактериальная обсемененность ($Б_0$), механическая загрязненность (K), жирность молока (g); режим хранения – температура ($T_{хр}$) и время хранения ($t_{хр}$), а также дифференциация цен на рынке по качеству молока (C_i).

Алгоритм определения потерь от снижения качества молока представлен на рисунке 1.

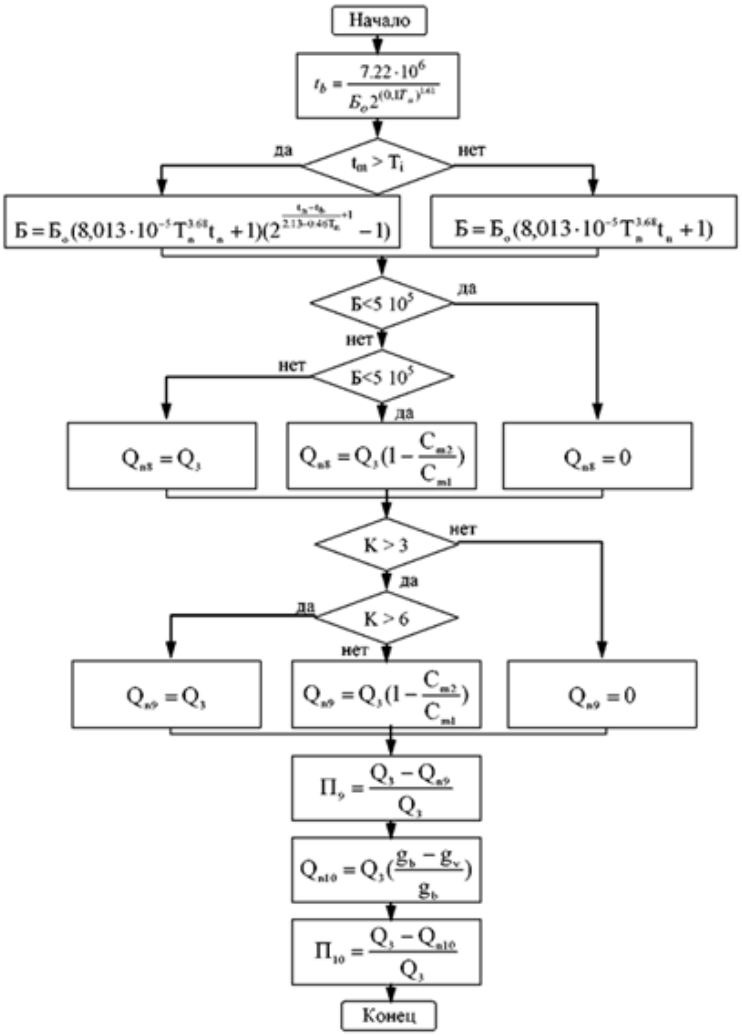


Рисунок 1 - Алгоритм определения потерь от снижения качества молока.

Из анализа, выполненного в соответствии с алгоритмом оценки следует, что в зависимости от объема получаемого молока, удаленности ферм и комплексов от молокоприёмных пунктов и потребителей молочных изделий, от климатических условий и наличия современной техники, без вредного воздействия на окружающую среду можно разработать комбинированные технологические схемы (КТС) с использованием искусственных и естественных источников холода и подогревом воды для поения животных. При обосновании предлагаемых схем должны учитываться следующие требования: качество молока в результате первичной обработки не должно снижаться, себестоимость молока и уровень воздействия на окружающую среду не должны повышаться, количество наименований молочной продукции также не должно сокращаться. Таким образом, КТС является функцией следующих факторов:

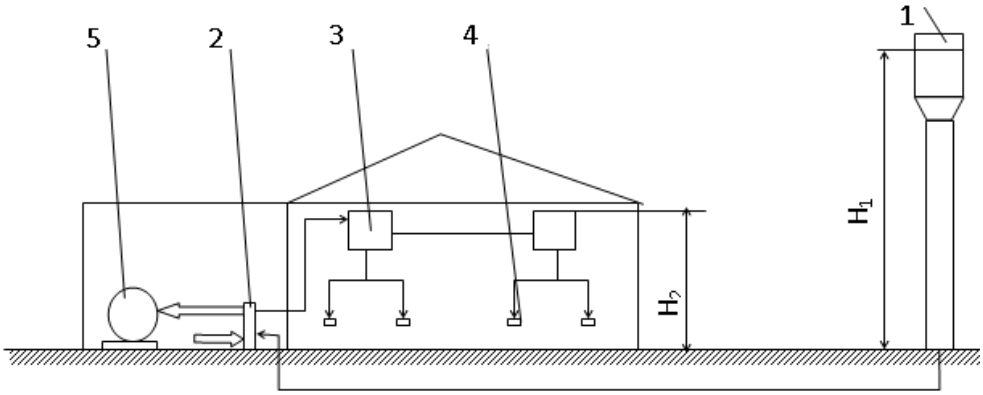
$$КТС = f\,(W, S, K, T_т, Э_к),$$

где W- годовой объем производства молока, т; S - расстояние от предприятия производителя молока до пункта приема или использования, км; K- климатические условия – количество дней в году с положительными и отрицательными значениями температуры, °С; $T_т$ – наличие современной техники для первичной обработки молока; $Э_к$ – степень воздействия на экологическую среду,%.

Для повышения качества молока и экономии энергии разработан вариант комбинированной технологической схемы предварительного охлаждения молока в потоке с использованием проточных охладителей, сбором подогретой воды в промежуточных емкостях и дальнейшем ее использовании для поения животных (рисунки 2 - 3).

Интенсивность охлаждения молока в зависимости от вариантов технологии представлена на рисунке 4. Из рисунка видно, что при предварительном охлаждении молока в потоке

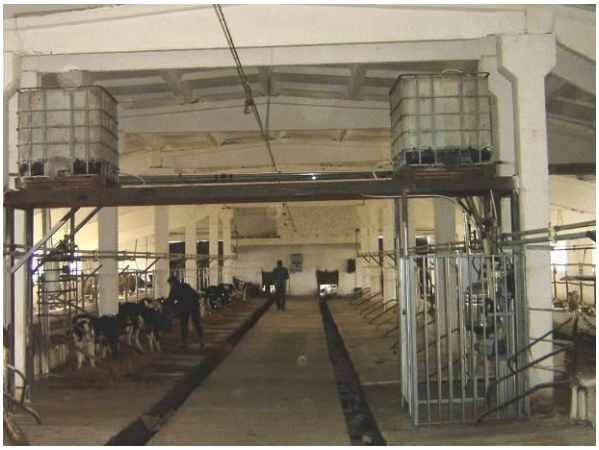
(кривая 1) время охлаждения до 5°С примерно в 4 раза меньше чем в варианте с наморозкой льда (кривая 2) и в 6 раз меньше чем при непосредственном охлаждении (кривая 3).



1 - водонапорная башня; 2 - проточный охладитель; 3 - емкость промежуточная; 4 - автопоилка; 5 - танк-охладитель молока

Обозначения: → - охлаждающая вода; ⇒ - молоко.

Рисунок 2 - Технологическая схема совмещенной системы охлаждения молока и поения животных



а

б

Рисунок 3 - Общий вид коммуникаций (а) и проточного теплообменника (б)

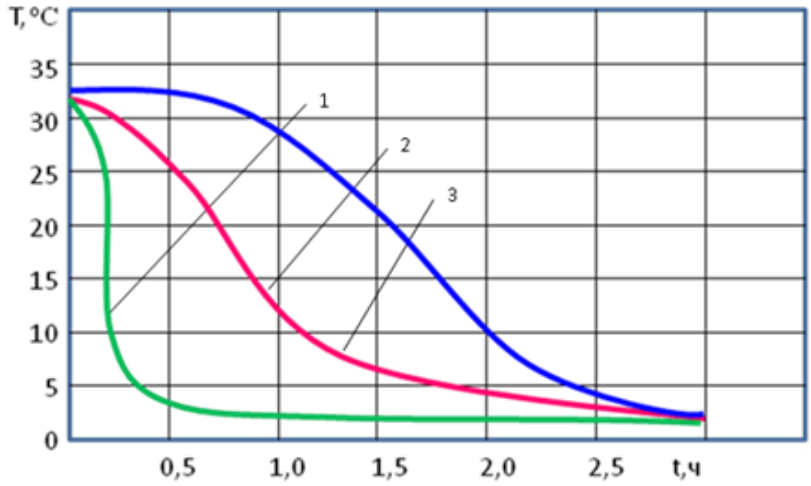


Рисунок 4 - Интенсивность охлаждения молока.

Заключение. Разработанный алгоритм оценки и средства контроля позволяют выявлять конкретные резервы повышения эффективности использования оборудования для первичной

обработки молока, разрабатывать мероприятия, направленные на их реализацию, а также прогнозировать результаты внедрения этих мероприятий.Основными резервами повышения эффективности использования линий первичной обработки молока является: снижение начальной бактериальной обсеменённости молока путем качественного и своевременного удаления механических примесей, а также улучшения режима промывки и санитарного состояния оборудования; выбор рациональной схемы компоновки линии исходя из условий производства и технических возможностей оборудования; выбор рационального режима хранения молока на основе начальных показателей качества молока, продолжительности хранения и условий доставки его потребителю.

Разработанная комбинированная технологическая схема обеспечивает:

сокращение времени выхода на режим охлаждения (4^0C) танка охладителя и как следствие снижение потребления электроэнергии; сокращение фазы интенсивного размножения бактерий, повышение качества молока, возможность более длительного его хранения; повышение продуктивности животных, в результате поения их подогретой водой.

Список литературы

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

2. 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.

3. Филиппова, О.Б. Физиологическая оценка доильного оборудования / О.Б. Филиппова, Доровских В.И., Кийко Е.И. // Вестник ВИЭСХ . - 2014. - №3 (16). –С. 64 – 65.

4. Доровских, В.И. Принципы управления качеством технологических процессов в молочном животноводстве / В.И. Доровских, Д.В. Доровских // Наука в центральной России. – 2014. - №6 (12) – С.22-28.

References

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

2. 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.

3. Filippova, O.B. Fiziologicheskaya ocenka doiljnogo oborudovaniya / O.B. Filippova, Dorovskikh V.I., Kiyjko E.I. // Vestnik VIEhSKh . - 2014. - №3 (16). –S. 64 – 65.

4. Dorovskikh, V.I. Principih upravleniya kachestvom tekhnologicheskikh processov v molochnom zhivotnovodstve / V.I. Dorovskikh, D.V. Dorovskikh // Nauka v centraljnoyj Rossii. – 2014. - №6 (12) – S.22-28.

УДК664.65.05

ИССЛЕДОВАНИЕ И ВЫБОР РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА СУШКИХМЕЛЕ-ТЫКВЕННОЙ ЗАКВАСКИ

Родионов Юрий Викторович,
доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Техническая механика и детали машин», ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,e-mail: rodionow.u.w@rambler.ru

Капустин Василий Петрович,
доктор технических наук, профессоркафедры «Агроинженерия», ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»

Никитин Дмитрий Вячеславович,
кандидат технических наук, доцент кафедры «Техническая механика и детали машин», ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,e-mail:dmitryndv@gmail.com
Протасов Дмитрий Николаевич,
кандидат экономических наук, доцент кафедры «Высшая математика», ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»
Иванова Екатерина Петровна,
аспирант, ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет»
Платицин Павел Сергеевич
аспирант, ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»

Реферат. *Известно, что восполнить недостаточное поступление биологически активных веществ с пищей можно путем обогащения рациона функциональными продуктами питания.Показано, что обогатить хлебобулочные изделия можно путем внесения в хлебопекарную закваску дополнительных ингредиентов в виде отвара хмеля и мякоти тыквы. Изучен процесс сушки хмеле-тыквенной закваски (ХТЗ). Предложено использовать двухступенчатую сушку закваски: на первой ступени использовать лотковую конвективную сушилку; на второй ступени – конвективную вакуум-импульсную сушилку (КВИС). Технологически схемы сушилок представлены. ХТЗ взвешивалась и подсушивалась в конвективной сушилке до критического влагосодержания, соответствующее резкому повышению температуры в кусочке тыквы, затем ХТЗ досушивается в КВИС. На второй ступени использована закваска влажностью 60 и 70%, состоящая из муки, воды, хмеля, тыквы и отрубей. Различное содержание влаги достигалось путем варьирования количества отрубей 10, 12 и 14 % от массы муки. По результатам экспериментальных исследований получены кривые сушки при различных режимах, зависимости изменения влаги, температуры и скорости сушки от времени, эмпирическое уравнение для расчета времени и режимов сушки ХТЗ. Определено, что для увеличения срока хранения ХТЗ необходимо ее высушивать до влажности 12…18 % в щадящем режиме, который позволяет сохранить максимальное количество биологически активных веществ и угнетать жизнедеятельность молочнокислых бактерий дрожжевых клеток.*

Ключевые слова: *хмеле-тыквенная закваска, лотковая конвективная сушилка, конвективная вакуум-импульсная сушилка, кривая скорости, щадящий режим сушки, регрессивное уравнение.*

INVESTIGATION OF PUMPKIN HOP YEAST DRYING PROCESS

Rodionov, Yu.V.,
Full Doctor of Technical Science, professor, head of «Engineering Mechanics and Machine Parts» department of the Tambov State Technical University; e-mail: rodionow.u.w@rambler.ru
Kapustin, V.P.,
Full Doctor Doctor of Technical Science, professor of «Agricultural Engineering» department of the Tambov State Technical University
Nikitin, D.V.,
Candidate of Technical Science, assistant professorof Department «Engineering Mechanics and Machine Parts» Tambov State Technical University, e-mail: dmitryndv@gmail.com
Protasov, D.N.,
Candidate of Economics Science**,** assistant professorof Department «Higher mathematics» Tambov State Technical University, Tambov, Russian
Ivanova, E.P.,
Postgraduate, Michurinsk State Agrarian University
Platitsin, P.S.
Postgraduate,Tambov State Technical University

Abstract. *It is known that insufficient intake of biologically active substances from food may be*

replaced by ration enrichment with functional food products. It is shown that enrich bakery goods can be achieved by entering into the baking sourdough additional ingredients as a decoction of hops and pumpkin pulp. The process of drying hops, pumpkin sourdough (HTZ) was studied. It is proposed to use a two-stage drying of sourdough: use chute convective on the first stage; at the second stage - the convective vacuum impulse dryer (CVID). Technological schemes of dryers are presented. HTZ was weighed and was dried in a convection dryer to a critical moisture content corresponding to a sharp increase in temperature in a piece of pumpkin, then HTZ was finally dried in the CVID. Sourdough with a humidity of 60% and 70 consisting of flour, water, hops, pumpkins and the bran used in the second stage. Various moisture content was achieved by varying the amount of bran, 10, 12 and 14% from the flour mass. Drying curves for different modes, dependence of changes in humidity, temperature and rate of drying time, an empirical equation for calculating the time and drying conditions HTZ were drawn from experimental studies. It was determined that in order to increase the shelf life of HTZ it is necessary to dried it to a moisture content of 12 ... 18% in a sparing mode, which allows you to save the maximum number of biologically active compounds and oppress vital activity of lactic acid bacteria yeast cells.

Key words and phrases: *hops - pumpkin sourdough, troughed convection dryer, convective dryer vacuum pulse, speed curve, sparing drying mode, regression equation.*

Введение. Правильное питание – залог здоровья человека. По данным всемирной организации здравоохранения около трети населения планеты подвержены дефициту витаминов и минералов. Восполнить недостаточное поступление биологически активных веществ (БАВ) с пищей можно путем обогащения рациона функциональными продуктами питания. Наиболее ценным в этом случае будет хлеб, так как он обладает постоянным спросом. Одним из способов обогащения хлебобулочных изделий является внесение в хлебопекарную закваску дополнительных ингредиентов в виде отвара хмеля и мякоти тыквы [1]. Для увеличения срока хранения такой закваски ее необходимо высушивать до влажности 12…18 %. в щадящем режиме, который позволит сохранить максимальное количество БАВ и будет угнетать жизнедеятельность молочнокислых бактерий и дрожжевых клеток. Это возможно при использовании в сушке вакуума, который позволяет интенсифицировать процесс удаления влаги из материала, а выдержка под вакуумом без сильного теплового воздействия приводит к гибели бактерий – прокариотов, что, по сути, является физическим методом дезинфекции высушиваемого материала [2]. С точки зрения энергоэффективности, необходимо использовать двухступенчатую сушку закваски: на первой ступени использовать лотковую конвективную сушилку; на второй конвективную вакуум-импульсную сушилку [3].

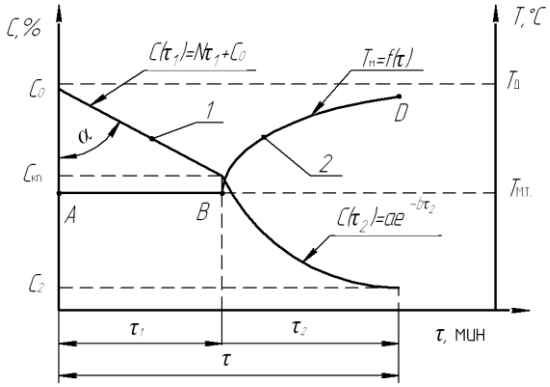
Материалы и методы. Хмеле-тыквенная закваска (ХТЗ) представляет многокомпонентную полидисперсную смесь капиллярно-пористых коллоидных тел с влажностью от 70% до 60%, поэтому в качестве первой ступени двухступенчатой конвективной вакуум-импульсной сушки рациональнее использовать лотковую конвективную сушилку.

Продолжительность ДКВИС ХТЗ определяли как сумму продолжительности сушки первой (конвективной) и второй (конвективной вакуум-импульсной) ступени:

$$\tau = \tau_1 + \tau_2, \quad (1)$$

где τ – общее время сушки ХТЗ, мин; τ_1 – длительность сушки ХТЗ в конвективной ступени, мин; τ_2 – длительность сушки ХТЗ в конвективной вакуум-импульсной ступени, мин.

Не учитывая период прогрева материала, представляли кривую сушки и температуры ХТЗ, как кривую сушки типичного коллоидного капиллярно-пористого влажного материала (рисунок 1).



1 – кривая сушки ХТЗ; 2 – кривая температуры ХТЗ

Рисунок 1 –Изменение влаги и температуры ХТЗ в зависимости от времени сушки

Аналогично представим кривую скорости сушки ХТЗ (рисунок 2).

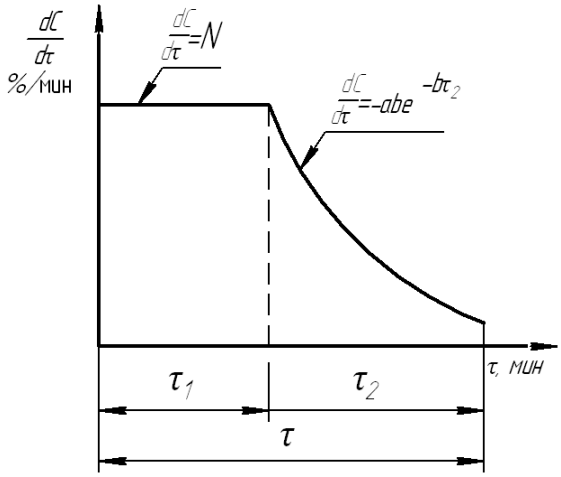


Рисунок 2–Кривая скорости сушки ХТЗ

Анализируя кривую сушки ХТЗ, рассматривали два периода: постоянной (прямая *AB*) и возрастающей (кривая *BD*) температуры материала. Влагосодержание (точка *B*), соответствующее переходу периода постоянной температуры в период возрастающий температуры, является критическим влагосодержанием $C_{кп}$, которое определяется экспериментально для различных температур и скоростей теплоносителя.

Аппроксимируя участки кривой сушки ХТЗ (кривые *AB* и *BD*) уравнениями линий первого и второго порядка, соответственно, получим формулу для определения критического влагосодержания:

$$C_{кп} = N\tau_1 + C_0 . \qquad (2)$$

где C_0 - начальное влагосодержание, %; N - скорость изменения влагосодержания, % / мин.

Как известно, в периоде постоянной температуры материала скорость сушки имеет постоянное значение для определенного режима сушки [4]. При изменении режима, меняется тангенс угла наклона кривой сушки и, соответственно, изменяется значение скорости сушки

$$tg\alpha = f\left(v_т, T_т, \varphi\right) \qquad (3)$$

$$\frac{dC}{d\tau_1} = tg\left(90-\alpha\right) = -\frac{1}{tg\alpha} = N \qquad (4)$$

$$C\left(\tau_1\right) = C_{кп} = N\tau_1 + C_0 \qquad (5)$$

$$C_{кп} = -tg\alpha\tau_1 + C_0 \qquad (6)$$

$$\tau_1 = \left(C_0 - C_{кп}\right)tg\alpha \qquad (7)$$

Тангенс угла наклона кривой сушки ХТЗ зависит от скорости, температуры и влажности теплоносителя, удельной нагрузочной способности сушки (высоты слоя) и определяется экс-

периментально.

ПоказателиC_0, τ_1, $C_{кп}$, Nуравнения (5) должны удовлетворять соотношениям:

$$C(\tau) = C_р = a \cdot e^{-b\tau},$$

где $C_р$- равновесное влагосодержание, %

$$C(\tau_1) = C_{кп} = a \cdot e^{-b\tau_1}.$$

Сформулируем задачу Коши в виде:

$$\frac{dC}{d\tau} = \begin{cases} N, \quad при\ \tau \le \tau_1, \\ -a \cdot b \cdot e^{-b\tau}, \quad при\ \tau \ge \tau_1, \\ C_{кп} = C(\tau_1) \end{cases} \tag{8}$$

преобразовав которую выразим коэффициенты *a*, *b*:

$$\frac{N}{C_{кп}} = \frac{-a \cdot b \cdot e^{-b\tau_1}}{a \cdot e^{-b\tau_1}};$$

$$\frac{N}{C_{кп}} = -b;\ b = -\frac{N}{C_{кп}}.$$

Подставив найденные коэффициенты во второе выражениесистемы (8) уравнений получим:

$$C_{кп} = a \cdot e^{-\frac{N}{C_{кп}}\tau_1}. \tag{9}$$

Выразив коэффициент*a* из данного уравнения получим:

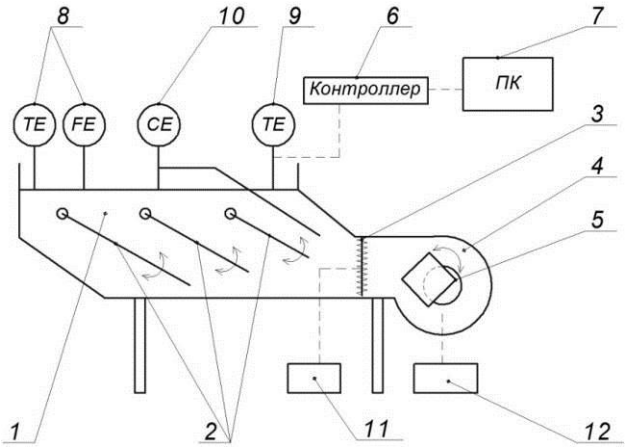
$$a = \frac{e^{\frac{N}{C_{кп}}\tau_1}}{C_{кп}}; \tag{10}$$

$$C = \frac{e^{\frac{N}{C_{кп}}\tau_1}}{C_{кп}} \cdot e^{-\frac{N}{C_{кп}}\tau_1}. \tag{11}$$

Преобразовав полученное выражение получим формулу определения продолжительности сушки:

$$\tau = \tau_1 + \frac{C_{кп}}{N}\ln(C_{кп}C_2) \text{ при } C_2 \ge C_р. \tag{12}$$

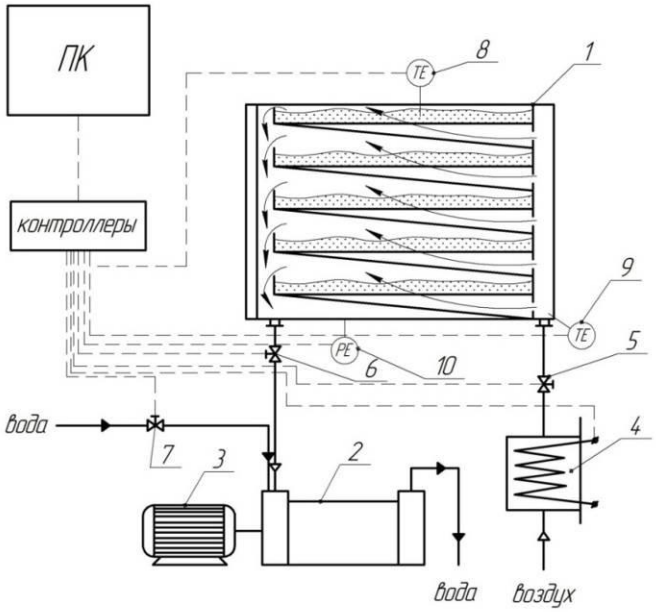
Сушка ХТЗ в первом периоде осуществлялась на установке, представленной на рисунке 3. Спроектированная и изготовленная конвективная сушилка в процессе сушки позволяла определять и регулировать следующие параметры: расход воздуха через вентилятор – заслонкой 5; потребляемую мощность электродвигателем и – преобразователем частоты TOSHIBAVFP7; температуру материала– мультиметром Ресанта DT 838; скорость и температуру теплоносителя– термоанемометром ТТМ-2; содержание влаги в воздушном потоке – гигрометром (Роса-10/М1).



1 –сушилка конвективная лотковая; 2 –заслонки регулирования равномерности потока воздуха; 3 –ТЭН; 4 –вентилятор радиальный; 5 –заслонка; 6 - контроллер; 7 – персональный компьютер; 8 – датчик скорости и температуры теплоносителя; 9 –датчик температурыматериала; 10 –датчик влагосодержания; 11 –регулятор мощности; 12 – частотный преобразователь

Рисунок 3 – Схема конвективной лотковой сушилки первой ступени

После завершения сушки ХТЗ в первом периоде, для углубления поверхности испарения во втором периоде сушки, целесообразней использовать конвективную вакуум-импульсную сушилку ((КВИС) (рисунок 4)



1 – сушильный шкаф; 2 –жидкостнокольцевой вакуум-насос; 3 – электродвигатель; 4 – ТЭНы; 5, 6, 7 – клапаны; 8, 9 – термопары; 10 – вакуумметр.

Рисунок 4 – Экспериментальная установка для конвективной вакуум-импульсной сушки.

Сушильным агентом в КВИС является атмосферный воздух, нагреваемый ТЭНом 4. На входном и выходном патрубках сушильного шкафа установлены вакуумные клапаны 5 и 6, соответственно. Для управления подачей воды в вакуумном насосе используется клапан 7. Контроль температуры сушильного агента, поступающего в шкаф, а так же высушиваемого материала осуществляется с помощью термопар 9 и 8. Изменение массы высушиваемого продукта фиксируется при помощи весов с пределом измерения от 1 до 2000г.

Для сушки ХТЗ конвективным вакуум-импульсным способом была использована закваска влажностью 60 и 70%, состоящая из муки, воды, хмеля, тыквы и отрубей. Различное содержание влаги достигалось путем варьирования количества отрубей 10, 12 и 14 % от массы муки. Закваска представляет собой коллоидный капиллярно-пористый материал. Высу-

шивание закваски до влажности 8-12%, позволяет сохранять ее в обычных условиях длительное время без изменения качества. ХТЗ взвешивалась и подсушивалась в конвективной сушилке до критического влагосодержания, соответствующее резкому повышению температуры в кусочке тыквы, затем ХТЗ досушивается в КВИС. Закваска равномерно распределяется на лотках сушильного шкафа и обдувается горячим воздухом с температурой ниже допустимой для жизнедеятельности дрожжевых клеток. После стадии продувки-нагрева подача сушильного агента прекращается и в сушильном шкафу создается вакуум (стадия вакуумирования). Происходит интенсивное испарение влаги и охлаждение ХТЗ до температуры ниже температуры испарения при данном вакууме ($p_{ост}$ = 5 кПа). Далее чередованием стадий нагрева и вакуумирования достигалось заданное остаточное влагосодержание ХТЗ. Для оценки изменения влажности периодически осуществляется взвешивание материала. Данные о температуре теплоносителя, слоя материала и давлении внутри вакуумного шкафа на протяжении всего процесса сушки фиксировались и хранились на персональном компьютере при помощи SCADA-системы«Круг 2000».

Полученные результаты апроксимировались многочленом вида

$$f(V,T) = a_0 + a_1 \cdot V + a_2 \cdot V^2 + a_3 \cdot V \cdot T + a_4 \cdot T + a_5 \cdot T^2,$$

гдеa_0, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5 - коэффициенты аппроксимации; V - скорость сушки; T - температура сушки.

Полученный по результатам аппроксимации многочлен может использоваться для расчетов времени и режимов сушки ХТЗ.

Результаты и их обсуждение. Проведенные предварительные экспериментальные испытания показали, что режим сушки ХТЗ должен быть щадящим, так как резкое снижение активности дрожжевых клеток происходит при температуре более 45°С. Физиологически активные клетки отсутствуют при нагревании до 65°Свтечение 20 – 25 минут; 70°С – 10–15 мин.; 75°С – 5–10 мин.; 80°С – до 5 мин. Более высокая температура вызывает практически сразу гибель клеток. Полная гибель дрожжевых клеток наступает даже при кратковременном воздействии температуры 85°С.

Экспериментально установлено влияние начальной влажности ХТЗ при постоянной влажности воздуха, температуре и скорости теплоносителя на продолжительность сушки. Уменьшение начальной влажности ХТЗ с 70 до 60% при температуре теплоносителя 46°С, скорости теплоносителя 2,5 м/с и влажности воздуха 30% снижает критическое влагосодержание с 30 до 25% и длительность всей сушки в 2 раза.

Обработка результатов экспериментов по сушке ХТЗ показала, что приведенное критическое влагосодержание в интервале температур 30-50°С, относительной влажности 30-60 %, скорости теплоносителя 1-3 м/с практически не изменяется и соответствует $C_{кп}$=25%±0,5% (рисунок 5).

В результате экспериментальных исследований получена кривая сушки с рациональными режимами периода постоянной температуры теплоносителя – 46 ˚С, скорости теплоносителя – 2,5 м/с и падающей скорости сушки, которая характеризуется минимальной продолжительностью процесса (5 циклов): три цикла по 120 с и два цикла –100 с, для стадии выдержки под вакуумом 5 циклов по 120 с, при максимальном сохранении активности дрожжевых клеток и сохранении хлебопекарных свойств ХТЗ (рисунок 6).

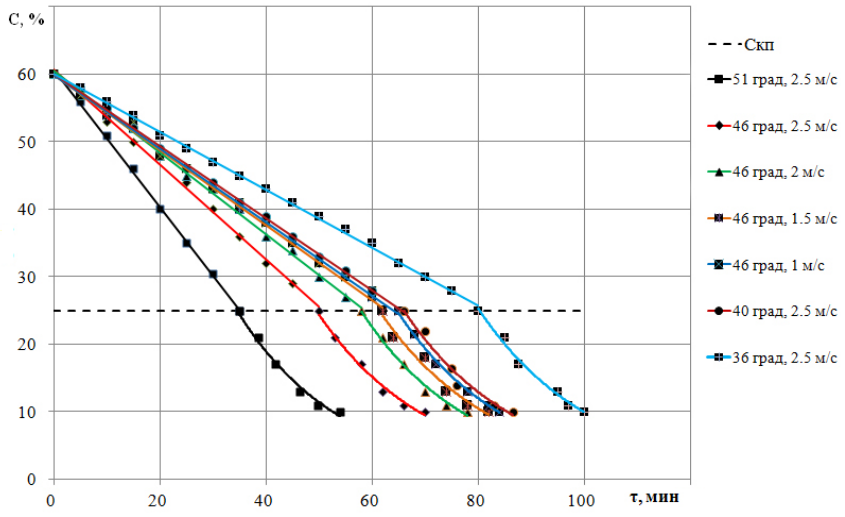


Рисунок 5 – Кривые сушки периода постоянной температуры материала при различных режимах

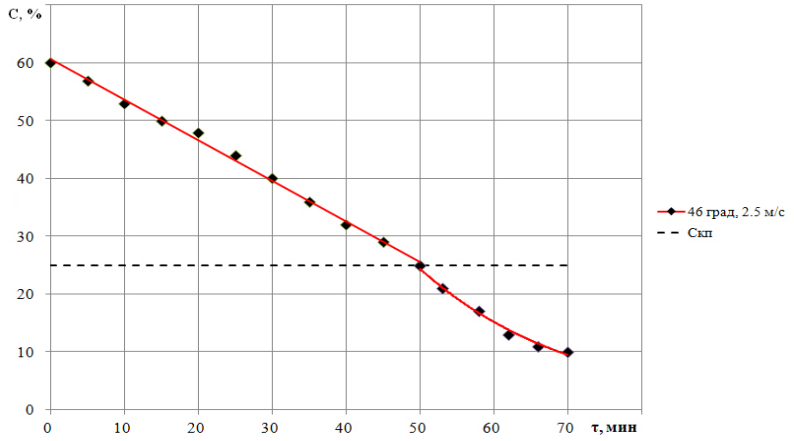
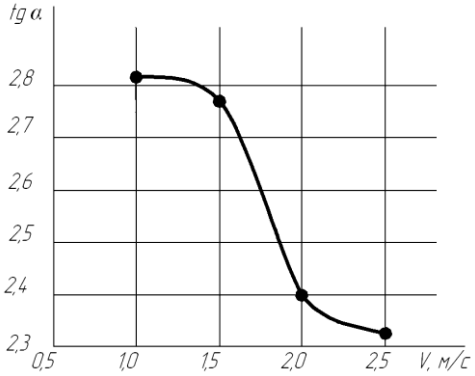


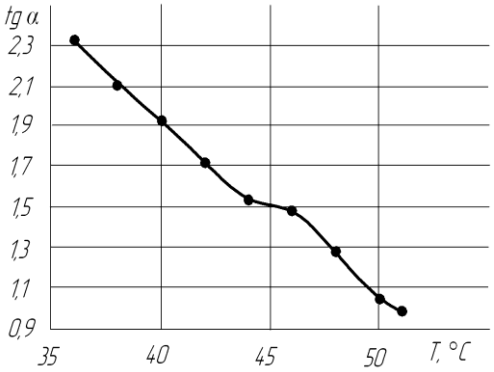
Рисунок 6– Кривая сушки ХТЗ рационального режима

Определение продолжительности периода сушки постоянной температуры ХТЗ в зависимости режимов, свойств ХТЗ является определяющей задачей при выборе или проектировании новой лотковой конвективной сушилки, а также регламентации всего процесса сушки ХТЗ.

Экспериментально получены зависимости влияния скорости (рисунок 7, а) и температуры теплоносителя (рисунок 7, б) на величину тангенса угла наклона кривой сушки периода постоянной температуры (см. рисунок 5).



а



б

Рисунок 7 – Зависимость в периоде постоянной температуры *tgα*:
а - от *V*; б -от $T_т$

Результаты теоретических и экспериментальных исследований угла наклона кривой конвективной сушки, как определяющего фактора ее продолжительности, показывают, что процесс является сложным, многомерным, кинематику которого определяют конструктивные и режимные параметры.

Для определения величины угла наклона кривой сушки использованы многофакторные методы планирования, как наиболее рациональные. Применялось центральное композиционное ортогональное планирование второго порядка [5]. На основе проведенных экспериментальных исследований получено регрессионное уравнение определения тангенса угла наклона кривой сушки периода постоянной температуры ХТЗ от скорости и температуры теплоносителя:

$$tg = 7{,}14 - 0{,}21 \cdot V - 0{,}14 \cdot V^2 + 8{,}45 \cdot 10^{-3} \cdot V \cdot T - 0{,}13 \cdot T + 1{,}97 \cdot 10^{-4} \cdot T^2 .$$

Для определения коэффициентов регрессии экспериментальные данные обрабатывались по методу наименьших квадратов с помощью программного пакета Maple. Полученное значение коэффициента аппроксимации (2,8 %) говорит о высокой статистической значимости полученного уравнения. Поверхность отклика регрессионной зависимости представлена на рисунке 9.

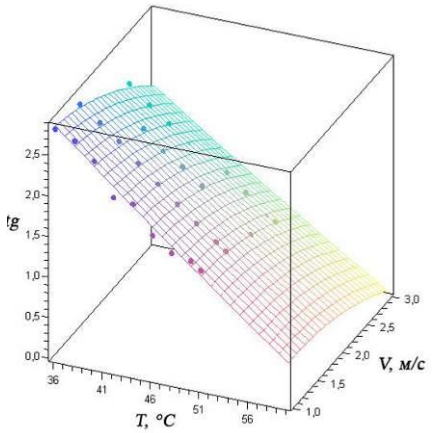


Рисунок 9 – Поверхность отклика регрессионной зависимости $tg\alpha$ от температуры T и скорости V теплоносителя

Анализ полученного уравнения показал следующее. Оба варьируемых фактора V и T имеют равноценное влияние на значение тангенса угла наклона кривой сушки периода постоянной температуры и, как следствие, на его продолжительность. В заданном диапазоне варьирования V и T уравнение не имеет экстремума, следовательно оптимальное значение тангенса угла наклона лежит на границе поверхности.

Заключение. В заключении следует отметить следующее. ХТЗ, содержащая в своем составе хмель и тыкву является одной из перспективных для получения хлебобулочных изделий функционального назначения. Для длительного хранения ее необходимо высушивать до влажности 8…12 % двухступенчато: в лотковой конвективной и конвективной вакуум-импульсной сушилках.

В результате теоретических исследований получены графики изменения влаги, температуры и скорости сушки от времени. В результате экспериментальных исследований построены кривые сушки периода постоянной температуры материала при различных режимах, кривая сушки ХТЗ рационального режима, получены эмпирические уравнения расчета значений тангенса угла наклона кривой сушки.

Полученные результаты исследований могут использоваться конструкторами при разработке сушилок, предприятиями занимающихся производством хлебобулочных изделий функционального назначения.

Список литературы

1. Разработка технологии закваски для производства хлеба функционального назначения / Ю.В. Родионов [и др.] // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. - 2014. - № 1(50). - С. 260-264.

2. XiaoJun-xia. Degradation of in AflatoxinB1 and PesticidesbyLow-Temperature Radio Frequency Plasma / Xiao Jun-xia // Материалы междунар. конф. по формированию здорового образа жизни и организации здорового питания обучающихся (25-26 сентября 2014). - Тамбов: ТОГОАУ ДПО «Институт повышения квалификации работников образования», 2014. – С. 410-412.

3. Попова, И.В. Совершенствование технологии и средств сушки овощного сырья: дис. канд. техн. наук: 05.20.01: защищена 12.12.2009: утв. 02.04.2010 / Попова Ирина Викторовна. – Тамбов, 2009. – 161 с.

4. Филоненко, Г.К. Сушка пищевых растительных материалов / Г.К. Филоненко. – М.: Пищевая промышленность, 1971. – 440 с.

5. Мельников, С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов машин / С.В. Мельников, В.В. Алешкин, П.М. Рощин. – Л.: Колос, 1980. – 168 с.

References

1. Razrabotka tehnologii zakvaski dlja proizvodstva hlebaf unkcional'nogona znachenija / Ju.V. Rodionov [i dr.] // Voprosysovremennojnauki i praktiki. Universitetim. V.I. Vernadskogo. - 2014. - № 1(50). - S. 260-264.

2. XiaoJun-xia. DegradationofinAflatoxin B1 andPesticidesbyLow-Temperature Radio Frequency Plasma / XiaoJun-xia // Materialymezhdunar. konf. Po formirovaniju zdorovogo obraza zhizni i organizacii zdorovogo pitanija obuchajushhihsja (25-26 sentjabrja 2014). - Tambov: TOGOAU DPO «Institut povyshenija kvalifikacii rabotnikov obrazovanija», 2014. – S. 410-412.

3. Popova, I.V. Sovershenstvovanietehnologii i sredstvsushkiovoshh-nogosyr'ja: dis. kand. tehn. nauk: 05.20.01: zashhishhena 12.12.2009: utv. 02.04.2010 / PopovaIrinaViktorovna. – Tambov, 2009. – 161 s.

4. Filonenko, G.K. Sushka pishhevyh rastitel'nyh materialov / G.K. Filonenko. – M.: Pishhevaja promyshlennost', 1971. – 440 s.

5. Mel'nikov, S.V. Planirovaniej eksperimenta v issledovanijah sel'-skohozjajstvennyh processov mashin / S.V. Mel'nikov, V.V. Aleshkin, P.M. Roshhin. – L.: Kolos, 1980. – 168 s.

УДК 631.354

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСХОДА ТОПЛИВА ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

Ерохин Геннадий Николаевич,
кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве,
E-mail: witin4@rambler.ru
Коновский Валерий Викторович,
научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве,
E-mail: witin4@rambler.ru

Реферат. *Представлена модель расхода топлива на единицу продукции зерноуборочным комбайном в зависимости от потребительских свойств конкретной марки комбайна и условий уборки в сельхозпредприятии. Модель учитывает расход топлива комбайном при выполнении основной работы по обмолоту зерновой массы, а также при поворотах в конце загонки, выгрузке зерна и холостых переездах. При этом оцениваются удельные затраты времени и фактический удельный расход топлива двигателем. Определение удельного расход топлива двигателем проводится в зависимости от использования паспортной мощности. Полученная математическая модель позволяет установить влияние отдельных факторов, характеризующих условия уборки, на удельный расход топлива зерноуборочным комбайном. С помощью модели установлены зависимости изменения удельного расхода топлива от урожайности и соломистости убираемых*

зерновых культур. В качестве исходных данных были приняты показатели комбайна Acros 530 и условий конкретного сельхозпредприятия. Получено, что удельный расход топлива снижается с повышением урожайности. При этом наблюдается участок резкого снижения и участок незначительного снижения. При отношении зерна к незерновой части 1:1,5 резкое снижение удельного расхода наблюдается при повышении урожайности до 2,3 т/га. Соломистость убираемой массы является значимым фактором, влияющим на расход топлива зерноуборочным комбайном. При урожайности 4,5 т/га и отношении зерна к незерновой части 1:1,0 удельный расход составляет 2,83 л/т. При той же урожайности и отношении зерна к незерновой части 1:2,0 удельный расход топлива увеличивается на 47 % до 4,15 л/т. Разработанная математическая модель позволяет прогнозировать расход топлива комбайнами при уборке зерновых культур и выявлять основные факторы, значимо влияющие на эту величину.

Ключевые слова: *зерноуборочный комбайн, модель, расход топлива.*

MODELLING FUEL CONSUMPTION OF COMBINE HARVESTERS

Erokhin Gennady,
PhD (Technical), leading researcher, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Tambov, e-mail: witin4@rambler.ru
Konovskiy Valery,
scientific researcher, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Tambov, e-mail: witin4@rambler.ru

Abstract. *The model of fuel consumption per unit of production combine harvester depending on the consumer properties of a particular brand of combine harvester and harvesting conditions in agricultural enterprises are presented. The model takes into account the fuel consumption by the processor when performing the basic work of threshing the grain mass, as well as when turning at the end of the stint, the grain is unloaded and idle crossings. At the same time, unit costs and the actual specific fuel consumption of the engine is estimated. Determination of the specific fuel consumption by the engine is carried out depending on the use of nameplate capacity. The obtained mathematical model allows to determine the influence of separate factors characterizing the conditions of harvesting on the specific fue consumption by the combine harvester. The dependence of the specific fuel consumption from crop yield and the amount of straw of harvested crops are installed by the model. Indicators harvester Acros 530 and a specific agricultural conditions were taken as input. It is obtained that the specific fuel consumption decreases with an increase in productivity. At that plot of land and a sharp decline in a significant reduction are observed. In relation of grain to non-grain parts of 1:1.5 a sharp decrease in specific consumption is observed when increasing the yield up to 2.3 t/ha. The amount of harvested mass is a significant factor influencing the fuel consumption of combine harvester. With yields of 4.5 t/ha and the ratio of grain to non-grain part 1:1,0 specific flow rate of 2.83 l/t. At the same yield and the ratio of grain to non-grain part 1:2,0 specific fuel consumption increased by 47% to 4.15 l/t. The developed mathematical model allows us to predict the fuel consumption combines at harvest of crops and to identify the main factors that significantly affect this value.*

Keywords: *combine harvester, model, fuel consumption.*

Введение. Уборка зерновых культур является важнейшим этапом, который в решающей степени влияет на себестоимость производства зерна в сельскохозяйственном предприятии. В Российской Федерации уборка зерновых культур осуществляется самоходными зерноуборочными комбайнами отечественного и зарубежного производства.

Оценивая перспективу приобретения зерноуборочного комбайна, потребитель обязательно учитывает его топливную экономичность [1,2,3,4]. Для этого используют показатель: удельный расход топлива (расход топлива в кг или литрах, приходящийся на 1 тонну убранного зерна). Как показывает мониторинг работы зерноуборочных комбайнов в реальной эксплуатации, этот показатель варьирует в широких пределах от 2,5 л/т до 7,0 л/т.

Очевидно, что на топливную экономичность уборки влияет марка используемого комбайна и конкретные условия его применения в сельхозпредприятии. Точный ответ по расходу топлива комбайном на уборке зерновых культур в конкретном сельхозпредприятии можно получить лишь при испытаниях в условиях этого предприятия. Однако такой подход реализовать практически невозможно из-за его дороговизны. Поэтому перспективным и актуальным является разработка моделей, позволяющих проводить такую оценку виртуально с помощью компьютерного моделирования.

Материалы и методы. Проведение исследований базируется на теоретических исследованиях и мониторинге работы зерноуборочных комбайнов в условиях реальной эксплуатации. Полученная при мониторинге информация является основой для принятия решений при моделировании расхода топлива зерноуборочным комбайном.

Результаты и обсуждение. На расход топлива зерноуборочного комбайна влияют особенности конструкции комбайна: производительность, мощность и топливная экономичность двигателя, объем бункера и скорость выгрузки зерна, транспортная скорость комбайна и другие конструктивные особенности. С другой стороны, оказывают влияние на расход топлива условия уборки, которые характеризуются показателями: вид и урожайность культуры, соломистость, выбранный режим обработки соломы (валок или измельчение с разбрасыванием), влажность соломы и зерна, засорённость, полеглость, длина гона, уклон поля, влажность и твердость почвы, протяженность холостых переездов к месту выгрузки зерна, с поля на поле и к месту ночной стоянки [5,6].

К периодам эксплуатационного времени, связанным с работой двигателя зерноуборочного комбайна и расходом топлива, относятся [7]: затраты времени на основную работу (обмолот зерна), затраты времени на повороты в конце загонки; затраты времени на переезд комбайна к месту выгрузки зерна и обратно; затраты времени на выгрузку зерна в транспортное средство; затраты времени на холостые переезды (к месту ночной стоянки и обратно, с поля на поле). Рассмотрим расход топлива в каждом из этих временных периодах.

При выполнении основной работы мощность двигателя комбайна расходуется на передвижение комбайна по полю, обмолот зерновой массы, измельчение и разброс соломы. Удельный расход топлива комбайном на основной работе можно описать формулой:

$$g_{K1} = \frac{q_{\Phi 1} \cdot N_Д \cdot K_{M1}}{10^3 \cdot W_1 \cdot u_T}, \text{ л/т} \qquad (1)$$

где $q_{\Phi 1}$ - фактический удельный расход топлива двигателем при коэффициенте использования мощности K_{M1}, г/л.с.×ч; K_{M1} - коэффициент использования мощности при выполнении комбайном основной работы; $N_Д$ - паспортная мощность двигателя, л.с.; W_1 - производительность комбайна по основному времени, рассчитанная по паспортной пропускной способности комбайна, т/ч; u_T - удельный вес топлива (солярки), кг/л.

Производительность по основному времени W_1 рассчитывается в соответствии с [8]:

$$W_1 = \frac{3{,}6 \cdot G_П \cdot K_{УСЛ}}{1+\varepsilon}, \text{т/ч} \qquad (2)$$

где $G_П$ - паспортная пропускная способность комбайна, кг/с; $K_{УСЛ}$ - коэффициент, учитывающий условия уборки (влажность, засоренность, полеглость); ε - отношение незерновой части к единице массы зерна.

В качестве паспортной пропускной способности конкретной марки комбайна используется численное значение, полученное в результате испытаний комбайна [9,10,11,12,13,14], а в случае отсутствия – смоделированное по уравнениям профессора Жалнина Э.В. [8]. Расчет коэффициента условий уборки $K_{УСЛ}$ подробно изложен в [8].

Удельный расход топлива комбайном при выполнении поворотов в конце загонки определяется по формуле:

$$g_{K21} = \frac{\tau_{21} \cdot q_{\Phi 21} \cdot N_Д \cdot K_{M21}}{10^3 \cdot W_1 \cdot u_T}, \text{ л/т} \quad (3)$$

где τ_{21} - удельные затраты времени на выполнение поворотов в конце загонки; $q_{\Phi 21}$- фактический удельный расход топлива двигателем при коэффициенте использования мощности K_{M21}, г/л.с.×ч; K_{M21} - коэффициент использования мощности при выполнении комбайном поворотов в конце загонки.

Удельные затраты времени на повороты находятся по формуле:

$$\tau_{21} = \frac{T_{21} \cdot W_1}{0{,}36 \cdot L_г \cdot B_p \cdot У}, \quad (4)$$

где T_{21} - среднее время, затрачиваемое комбайном на поворот в конце гона, с; $L_г$ - длина гона, м; B_p - рабочая ширина захвата комбайна, м; $У$ - средняя урожайность, т/га.

Удельный расход топлива комбайном при переезде комбайна к месту выгрузки зерна и обратно равен:

$$g_{K22} = \frac{\tau_{22} \cdot q_{\Phi 22} \cdot N_Д \cdot K_{M22}}{10^3 \cdot W_1 \cdot u_T}, \text{ л/т} \quad (5)$$

где τ_{22} - удельные затраты времени на переезды комбайна к месту выгрузки зерна и обратно; $q_{\Phi 22}$- фактический удельный расход топлива двигателем при коэффициенте использования мощности K_{M22}, г/л.с.×ч; K_{M22} - коэффициент использования мощности при переезде комбайна к месту выгрузки зерна и обратно.

Удельные затраты времени на переезд комбайна к месту выгрузки зерна и обратно составляют:

$$\tau_{22} = \frac{W_1 \cdot t_{ПЕР}}{3600 \cdot G_Б \cdot \rho_З}, \quad (6)$$

где $\rho_З$ - удельный вес зерна, т/м^3; $G_Б$- объем зернового бункера комбайна, м^3; $t_{ПЕР}$- среднее время, затрачиваемое на переезд комбайна к месту выгрузки зерна и обратно, с.

Удельный расход топлива комбайном на выгрузку зерна из бункера в транспортное средство:

$$g_{K23} = \frac{\tau_{23} \cdot q_{\Phi 23} \cdot N_Д \cdot K_{M23}}{10^3 \cdot W_1 \cdot u_T} \quad (7)$$

где τ_{23} - удельные затраты времени на выгрузку зерна из бункера в транспортное средство; $q_{\Phi 23}$- фактический удельный расход топлива двигателем при коэффициенте использования мощности K_{M23}, г/л.с.×ч; K_{M23} - коэффициент использования мощности при выгрузке зерна из бункера в транспортное средство.

Удельные затраты времени на выгрузку зерна из бункера комбайна в транспортное средство:

$$\tau_{23} = \frac{W_1}{3{,}6 \cdot \rho_З \cdot V_{РАЗ}}, \quad (8)$$

где $\rho_З$ - удельный вес зерна, т/м^3; $V_{РАЗ}$- скорость выгрузки зерна из бункера, л/с.

Удельный расход топлива комбайном при холостых переездах равен:

$$g_{K6} = \frac{\tau_6 \cdot q_{\Phi 6} \cdot N_Д \cdot K_{M6}}{10^3 \cdot W_1 \cdot u_T} \quad (9)$$

где τ_6 - удельные затраты времени на на холостые переезды; $q_{\Phi 6}$- фактический удельный расход топлива двигателем при коэффициенте использования мощности на

холостых переездах K_{M6}, г/л.с.×ч; K_{M6} - коэффициент использования мощности при холостых переездах. Удельные затраты времени на холостые переезды складываются из затрат времени на переезды от места работы к месту стоянки и обратно, а также из затрат времени на переезды с поля на поле. Приближенно эти затраты для зерноуборочного комбайна оценивают по формуле:

$$\tau_6 = \frac{2 \cdot L_{CT}}{T_{1CУT} \cdot V_{тр}} + \frac{L_n \cdot W_1}{V_{тр} \cdot S_{по} \cdot У}, \quad (10)$$

где L_{CT} - среднее расстояние переезда от места стоянки (ночного хранения) к месту работы и обратно, км; $T_{1CУT}$ - среднее основное время работы комбайна в течение суток, ч; $V_{тр}$ - транспортная скорость комбайна, км/ч; L_n - среднее расстояние переезда с поля на поле, км; $S_{по}$ - средняя площадь поля у потребителя, га.

Удельный расход топлива двигателем, как показано в [15], зависит от оборотов двигателя и мощности на его валу. Обработкой данных [15] получено, что фактический удельный расход топлива двигателем равен:

$$q_Ф = q_H \cdot \left(0{,}8714 \cdot K_M^2 - 1{,}7471 \cdot K_M + 1{,}8757\right), \text{ г/л.с.×ч;} \quad (11)$$

где q_H - паспортный удельный расход топлива двигателем при номинальных оборотах и мощности ($K_M = 1$), г/л.с.×ч; K_M - фактический коэффициент использования мощности двигателем.

Уравнение (11) получено на основе данных стендовых испытаний двигателя Cummins QSM11-C330 (335 л.с.). В данной статье принята гипотеза, что соотношение $q_Ф / q_H$ в зависимости от используемой мощности при номинальных оборотах справедливо и для других дизельных двигателей зерноуборочных комбайнов. Таким образом, для расчета фактических удельных расходов двигателей зерноуборочных комбайнов $q_{Ф1}$, $q_{Ф21}$, $q_{Ф22}$, $q_{Ф23}$, $q_{Ф6}$ предлагается использовать уравнение (11).

Современные зерноуборочные комбайны оснащаются двигателями, обеспечивающими запас мощности для уборки с измельчением соломы и в случае уборки в сложных условиях. Поэтому в нормальных условиях уборки при укладывании соломы в валок $K_{M1} = 0{,}70...0{,}75$; при измельчении и разбрасывании соломы $K_{M1} = 0{,}85...0{,}90$. Значения коэффициентов использования мощности двигателя комбайна при поворотах в конце загонки K_{M21}; при переезде комбайна к месту выгрузки зерна и обратно K_{M22}; при выгрузке зерна в транспортное средство K_{M23}; при холостых переездах (к месту ночной стоянки и обратно, с поля на поле) K_6 составляет 0,25…0,35.

В итоге, удельный расход топлива при уборке зерновых культур комбайном определяется суммой:

$$g_K = g_{K1} + g_{K21} + g_{K22} + g_{K23} + g_{K6}. \quad (12)$$

Полученная математическая модель позволяет установить влияние отдельных факторов, характеризующих условия уборки, на удельный расход топлива зерноуборочным комбайном. В данной работе такое исследование проводилось для установления зависимостей изменения удельного расхода топлива от урожайности и соломистости убираемых зерновых культур. В качестве исходных данных были приняты показатели комбайна Acros 530 и условий конкретного сельхозпредприятия (колхоз племенной завод им. Ленина, Тамбовская область). Значения исходных показателей приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные моделирования расхода топлива зерноуборочным комбайном

Показатель	Значение
Марка комбайна	Acros 530
Паспортная пропускная способность комбайна, кг/с	9,8
Отношение незерновой части к единице массы зерна	1,3
Влажность, %	14
Засоренность, %	3
Полеглость, %	3
Паспортная мощность двигателя, л.с.	250
Удельный вес топлива (солярки), кг/л	0,86
Среднее время, затрачиваемое комбайном на поворот в конце гона, с	50
Длина гона, м	1000
Рабочая ширина захвата комбайна, м	6,5
Средняя урожайность, т/га	3,3
Удельный вес зерна, т/м^3	0,75
Объем зернового бункера комбайна, м^3	9
Среднее время, затрачиваемое на переезд комбайна к месту выгрузки зерна и обратно, с	120
скорость выгрузки зерна из бункера, л/с	900
Среднее расстояние переезда от места стоянки (ночного хранения) к месту работы , км	3
Среднее основное время работы комбайна в течение суток, ч	8,5
Транспортная скорость комбайна, км/ч	15
Среднее расстояние переезда с поля на поле, км	5
Средняя площадь поля у потребителя, га	200
Удельный расход топлива двигателем при номинальных оборотах и мощности, г/л.с.×ч	165

В результате получены графические зависимости, представленные на рисунке 1. Характер зависимостей показывает, что удельный расход топлива снижается с повышением урожайности. При этом наблюдается участок резкого снижения и участок незначительного снижения. Участок резкого снижения расхода топлива связан с тем, что комбайн при низкой урожайности вынужден работать с недозазгрузкой молотилки и двигателя. При достижении урожайности, обеспечивающей работу комбайна с паспортной пропускной способностью, снижение расхода топлива становится минимальным. Так, при отношении зерна к незерновой части 1:1,5 резкое снижение удельного расхода наблюдается при повышении урожайности до 2,3 т/га. Например, при урожайности 1,5 т/га удельный расход составляет 4,52 л/т, а при 2,3 т/га – 3,58л/т. При дальнейшем росте урожайности удельный расход уменьшается незначительно и при урожайности 4.5т/га он равен 3,52 л/т.

Соломистость убираемой массы является значимым фактором, влияющим на расход топлива зерноуборочным комбайном. Как видно из рис.1, при урожайности 4,5 т/га и отношении зерна к незерновой части 1:1,0 - удельный расход 2,83 л/т. При той же урожайности и отношении зерна к незерновой части 1:2,0 удельный расход топлива увеличивается на 47% до 4,15 л/т. Кроме того, соломистость влияет на точку перехода резкого снижения расхода топлива в незначительное. При отношении зерна к незерновой части 1:1,0 это происходит при урожайности 2,9 т/га, а при отношении зерна к незерновой части 1:2,0 - при урожайности 1,9 т/га.

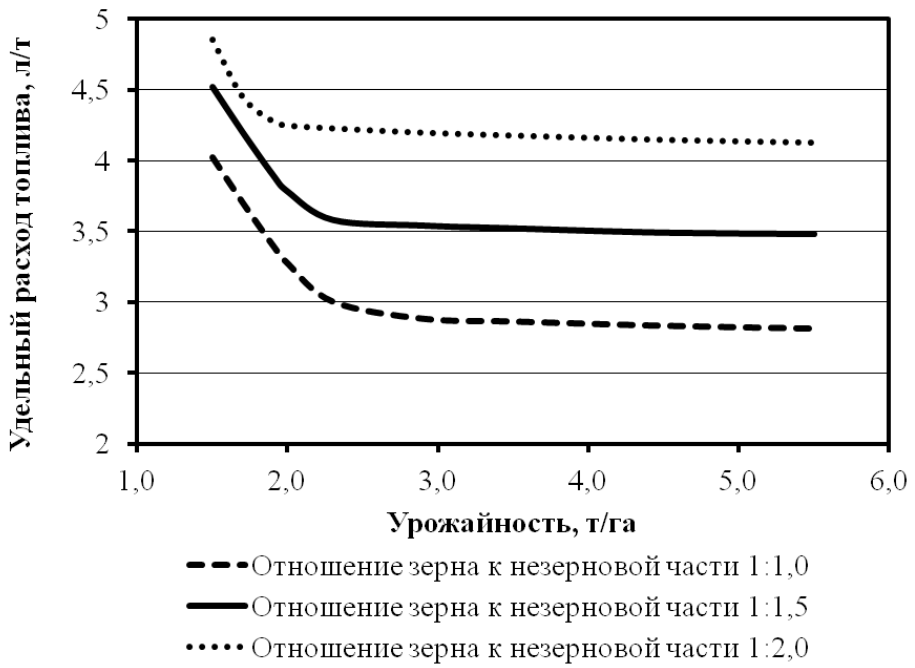


Рисунок 1 – Зависимость удельного расхода топлива комбайном Acros 530 от урожайности и соломистости убираемой массы

Выводы. Разработанная математическая позволяет прогнозировать расход топлива комбайнами при уборке зерновых культур в сельскохозяйственном предприятии, а также выявлять основные факторы, значимо влияющие на его величину.

Список литературы

1. Жалнин Э.В. Оптимизация машиноиспользования - мощный резерв повышения эффективности сельскохозяйственного производства /Э.В.Жалнин // Наука в Центральной России. – 2013. – №1. – С.5-17.

2. Драгайцев В.И. Эффективная работа зерноуборочных комбайнов в условиях МТС и сельскохозяйственных предприятий / В.И.Драгайцев, Г.Н.Ерохин, В.Н.Кузьмин, И.Г. Голубев // Техника и оборудование для села. -2001. -№ 5. - С. 26-29.

3. Ерохин Г.Н. Моделирование показателей уборки зерновых культур /Г.Н. Ерохин, А.С. Решетов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. — 2010. – №5. – С.22-24.

4. Ерохин, Г.Н.Показатели ремонтопригодности зерноуборочных комбайнов / Г.Н.Ерохин, В.В. Коновский // Техника и оборудование для села. – 2007 – №2 – С.37-38.

5 .Ерохин, Г.Н. Оценка уровня использования зерноуборочных комбайнов в сельхозпредприятии /Г.Н.Ерохин , В.В. Коновский // Наука в центральной России. – 2015. - №3. – С.5-10.

6. Ерохин Г.Н. Целесообразность услуг машинно-технологических станций на уборке зерновых культур / Г.Н.Ерохин // Техника и оборудование для села. – 2006. –№5. – С.30-31.

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

8. Жалнин Э.В. О гармоничности конструкции зерноуборочных комбайнов / Э.В. Жалнин// Техника в сельском хозяйстве. –2011. –№1. – С.17-21.

9. Ерохин, Г.Н. Результаты оценки пропускной способности зерноуборочных комбайнов в условиях реальной эксплуатации / Г.Н.Ерохин, В.В. Коновский // Наука в центральной России. – 2013. - №6. – С.45-48.

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

11. Ерохин, Г.Н. Влияние технологических регулировок на потери зерна за молотилкой комбайна «Дон-1500» / Г.Н.Ерохин, А.С. Решетов // Механизация и электрификация

сельского хозяйства. −2003 − №6. – С.18-19

12. Ерохин, Г.Н. Оценка уровня использования производительности зерноуборочных комбайнов /Г.Н.Ерохин, А.С.Решетов, В.В.Коновский // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – № 7. – С.30-32.

13. Ерохин, Г.Н. Моделирование потерь зерна за зерноуборочными комбайнами /Г.Н.Ерохин, С.Н.Сазонов, В.В.Коновский // Вестник Мичуринского аграрного университета. - Мичуринск: 2014. - №2. – С.65-68

14. Ерохин, Г.Н. Об уровне использования производительности зерноуборочных комбайнов /Г.Н.Ерохин // Международный научно-исследовательский журнал. – 2014. -№ 12(31), - Часть 1. – С.92-94.

15.Многопараметровая топливная характеристика дизеля Cummins / К.И.Городецкий, В.С.Гольнев, Е.П.Ершов и др./ Тракторы и сельхозмашины. – 2012. - №2. – С.44-47.

References

1. Zhalnin Je.V. Optimizacija mashinoispol'zovanija - moshhnyj rezerv povyshenija jeffektivnosti sel'skohozjajstvennogo proizvodstva /Je.V.Zhalnin // Nauka v Central'noj Rossii. – 2013. – №1. – S.5-17.

2. Dragajcev V.I. Jeffektivnaja rabota zernouborochnyh kombajnov v uslovijah MTS i sel'skohozjajstvennyh predprijatij / V.I.Dragajcev, G.N.Erohin, V.N.Kuz'min, I.G. Golubev // Tehnika i oborudovanie dlja sela. -2001. -№ 5. - S. 26-29.

3. Erohin G.N. Modelirovanie pokazatelej uborki zernovyh kul'tur /G.N. Erohin, A.S. Reshetov // Mehanizacija i jelektrifikacija sel'skogo hozjajstva. — 2010. – №5. – S.22-24.

4. Erohin, G.N.Pokazateli remontoprigodnosti zernouborochnyh kombajnov / G.N.Erohin, V.V. Konovskij // Tehnika i oborudovanie dlja sela. – 2007 – №2 – S.37-38.

5 .Erohin, G.N. Ocenka urovnja ispol'zovanija zernouborochnyh kombajnov v sel'hozpredprijatii /G.N.Erohin , V.V. Konovskij // Nauka v central'noj Rossii. – 2015. - №3. – S.5-10.

6. Erohin G.N. Celesoobraznost' uslug mashinno-tehnologicheskih stancij na uborke zernovyh kul'tur / G.N.Erohin // Tehnika i oborudovanie dlja sela. – 2006. –№5. – S.30-31.

7. Erohin, G.N. Modelirovanie jekspluatacionno-tehnologicheskih pokazatelej zernouborochnyh kombajnov / G.N. Erohin, A.S. Reshetov, V.V. Konovskij // Traktory i sel'hozmashiny. – 2011. – №1. – S.30-31.

8. Zhalnin Je.V. O garmonichnosti konstrukcii zernouborochnyh kombajnov / Je.V. Zhalnin// Tehnika v sel'skom hozjajstve. –2011. –№1. – S.17-21.

9. Erohin, G.N. Rezul'taty ocenki propusknoj sposobnosti zernouborochnyh kombajnov v uslovijah real'noj jekspluatacii / G.N.Erohin, V.V. Konovskij // Nauka v central'noj Rossii. – 2013. - №6. – S.45-48.

10. Erohin, G.N. Sravnitel'naja ocenka zernouborochnyh kombajnov Don-1500B i Vektor / G.N. Erohin, D.S. Oreshkin // Traktory i sel'hozmashiny. –2008. – №3. – S.15-16

11. Erohin, G.N. Vlijanie tehnologicheskih regulirovok na poteri zerna za molotilkoj kombajna «Don-1500» / G.N.Erohin, A.S. Reshetov // Mehanizacija i jelektrifikacija sel'skogo hozjajstva. −2003 − №6. – S.18-19

12. Erohin, G.N. Ocenka urovnja ispol'zovanija proizvoditel'nosti zernouborochnyh kombajnov /G.N.Erohin, A.S.Reshetov, V.V.Konovskij // Traktory i sel'hozmashiny. – 2014. – № 7. – S.30-32.

13. Erohin, G.N. Modelirovanie poter' zerna za zernouborochnymi kombajnami /G.N.Erohin, S.N.Sazonov, V.V.Konovskij // Vestnik Michurinskogo agrarnogo universiteta. - Michurinsk: 2014. - №2. – S.65-68

14. Erohin, G.N. Ob urovne ispol'zovanija proizvoditel'nosti zernouborochnyh kombajnov /G.N.Erohin // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. – 2014. -№ 12(31), - Chast' 1. – S.92-94.

15.Mnogoparametrovaja toplivnaja harakteristika dizelja Cummins / K.I.Gorodeckij, V.S.Gol'nev, E.P.Ershov i dr./ Traktory i sel'hozmashiny. – 2012. - №2. – S.44-47.

УДК 631.3:631.15.017.3

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНИКИ И ФОРМИРОВАНИЯ ПАРКА МАШИН В ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВАХ

Сазонов Сергей Николаевич,
доктор технических наук, профессор,
заведующий лабораторией, Всероссийский научно-исследовательский институт
использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве,
E-mail: snsazon@mail.ru
Сазонова Дамира Давидовна,
кандидат экономических наук, доцент,
ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт
использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве,
E-mail: snsazon@mail.ru

Реферат. *Известна точка зрения, что российские фермеры должны преимущественно использовать малогабаритную технику. В основу такого вывода положено неверное представление о том, что условия использования техники в фермерских хозяйствах ничем не отличаются от крупных хозяйств. В результате проведенных исследований обоснованы следующие особенности использования машинно-тракторного парка в современных российских фермерских хозяйствах: - несоответствие объемов механизированных работ и технического оснащения для их выполнения; - недостаток квалификации фермеров по вопросам эксплуатации, ремонта и обслуживания машинно-тракторного парка; - преимущественно последовательное выполнение полевых механизированных работ; - многофункциональное применение энергетических средств; - низкая интенсивность использования сельскохозяйственных машин; - отсутствие производственно-технической инфраструктуры. Установлено, что важнейшим ограничением при формировании машинно-тракторного парка является дефицит финансовых средств, из-за которого невозможно одновременно на этапе создания фермерских хозяйств сформировать оптимальный парк машин и механизмов. Отмечено, что попытки решить эту проблему посредством использования малопроизводительной техники, изначально бесперспективны в силу отмеченных особенностей использования техники в фермерских хозяйствах. Рекомендовано рассматривать процесс технического оснащения фермерских хозяйств как долговременную задачу, решаемую поэтапно на протяжении всего периода их становления. Указано на необходимость приобретения в первую очередь такой техники, и прежде всего тракторов, которые в состоянии эффективно и качественно выполнять самые энергонасыщенные технологические операции. В стратегическом плане в фермерских хозяйствах, во-первых, особое значение имеет использование комбинированных машин, позволяющих за один проход выполнить несколько технологических операций. Во-вторых, альтернативное привлечение техники со стороны (кооперация, аренда, прокат и т.п.). для удовлетворения потребностей фермерских хозяйств.*

Ключевые слова: *фермерские хозяйства, машинно-тракторный парк, использование, формирование, нормативы, малогабаритная техника*

SPECIFICS OF USING MACHINERY AND FORMING MACHINE FLEET IN FARM ENTERPRISES

Sazonov Sergei Nikolaevich,
Full Doctor of Technical Sciences, professor, laboratory chief, All-Russian Research Institute
for Use of Machinery
and Petroleum Products in Agriculture
E-mail: snsazon@mail.ru.
Sazonova Damira Davidovna
PhD (Economics), associate professor,

leading research fellow, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture
E-mail: snsazon@mail.ru

***Abstract**. The point of view that Russian farmers have mostly use small-sized equipment, is widely known. Misconception that the conditions of use of technology in the farms are no different from large farms, as the basis for such a conclusion. The following features are on the use of machine-tractor in modern Russian farms:- mismatch of volumes of mechanized operations and technical equipment to carry them out; - the lack of qualification of farmers in questions of exploitation, repair and machine and tractor fleet; mostly - Mostly sequential execution of mechanized field work; - multifunctional application of energy resources; - low intensity of use of agricultural machinery;- the lack of technical and production infrastructure are justified as a result of the research. It was found that the most important constraint in forming machine and tractor fleet is the deficit of financial resources, due to which it is impossible at the same time during the creation of farms to generate optimal fleet of machines and mechanisms. It was noted that attempts to solve this problem through the use of low-productivity machinery, initially unpromising due to these features of the use of technics in the farm. The process of technical equipment of farms is recommended to be considered as a long-term problem solved in stages during the whole period of their formation. It is pointed to the need to purchase in the first place such equipment, first of all the tractors that are able to effectively and efficiently carry out the most power-intensive manufacturing operations. Strategically, firstly, the use of a combined farm machine, allowing a single pass to perform multiple processing operations is of particular importance. The second thing that is of high importance is utilization of machinery from the outside (cooperation, rent, lease etc.) as an alternative to meet the needs of farm enterprises.*

***Key words**: farm enterprises, machines and tractors fleet, utilization, forming, standards, small-sized machinery*

Введение. Проблема разработки методов и средств эффективного использования техники, как важнейшего фактора (ресурса) производства аграрных товаропроизводителей, имеет первостепенное значение, предопределяющее эффективность их деятельности в целом. Благодаря многолетним усилиям отечественных ученых создана достаточно стройная система эффективного использования и обеспечения работоспособного состояния машинно-тракторного парка в условиях крупных сельскохозяйственных предприятий, разработаны вопросы рационального проектирования отдельных объектов и служб подразделений инженерно-технического сервиса аграрных товаропроизводителей.

Однако, развитие фермерского движения в России потребовало проведения специальных научных разработок, посвященных изучению особенностей формирования машинно-тракторного парка и использования техники в крестьянских (фермерских) хозяйствах.

Материалы и методы. Результаты мониторинга деятельность фермерских хозяйств Тамбовской области за период 1992- 2014 гг., данные монографического обследования типичных фермерских хозяйств Тамбовской области и данные, полученные сотрудниками ВНИИТиН, характеризующие показатели использования и надежности сельскохозяйственной техники в условиях реальной эксплуатации [1-13].

Результаты и обсуждение. В условиях отсутствия практического опыта деятельности отечественных крестьянских (фермерских) хозяйств в начале 1990-х годов возобладала точка зрения о том, что в основном и прежде всего российские фермеры будут использовать малогабаритную технику. В основу такого вывода было положено неверное представление о том, что условия использования техники в крестьянских (фермерских) хозяйствах ничем не отличаются от крупных хозяйств. Следовательно, предполагалось, что к ним в полной мере применима нормативная база, используемая для определения состава и структуры машинно-тракторного парка, которая использовалась для решения аналогичных вопросов в крупных хозяйствах.

В итоге были получены результаты, свидетельствующие о достаточности для кре-

стьянского (фермерского) хозяйства, специализирующегося, например, на выращивании сахарной свеклы (25 га), 0,2 трактора МТЗ-80 (ЮМЗ-6Л) + 0,2 трактора Т-70С + 0,2 трактора ДТ-75М. При возделывания озимой пшеницы на площади 90 га предполагалось использовать: 0,2 трактора ДТ-75 + 0,2 трактора МТЗ-50 + 0,2 трактора Т-150К [14,с.366].

Аналогичные нормативы были получены во ВНИЭТУСХ [15, с.89], следуя которым для среднего крестьянского (фермерского) хозяйства с площадью пашни 28 га (среднее по России на момент разработки нормативов) необходимо было бы иметь: 0,12 трактора ДТ-75 + 0,39 трактора МТЗ + 0,04 трактора Т-30А + 0,03 трактора Т-16М.

Еще дальше пошли специалисты НПО ВИСХОМ [16], которые нашли возможным утверждать, что рекомендуемый ими для выращивания и уборки овощных культур новый комплекс (на базе модульного энергетического средства МЭС-0,6) в противовес серийно выпускаемому на базе МТЗ-80 и Т-25, имеет возможности для эффективного использования в большинстве фермерских хозяйств. При этом приводимые данные, в рамках рассмотренных ими размеров посевных площадей, свидетельствуют, что количество этих комплексов на одно хозяйство должно составлять от 2 до 6, а в диапазоне наиболее эффективного его использования - от 2 до 4.

Указанные и подобные им работы формировали и до сих пор формируют мнение о том, что в крестьянских (фермерских) хозяйствах должны использоваться прежде всего малогабаритные машины и механизмы. Следствием этого концептуального подхода стала «Программа создания и производства системы машин и оборудования для механизации растениеводства и животноводства крестьянских (фермерских) хозяйств». В результате, в начале 90-х годов был разработан основной перечень малогабаритных машин и механизмов, предназначавшийся по замыслу разработчиков для использования именно в крестьянских (фермерских) хозяйствах [17]. В частности, был начат выпуск новых тракторов тягового класса 0,2...0,6 с номинальным тяговым усилием от 2кН до 4,37 кН (Т-012, К-20, МЭС-0,6 и др.). На отечественных предприятиях была организована сборка китайских минитракторов "Фэншоу-180", "Синтай -120".

Специалисты НАТИ утверждали, что необходимо создание производственных мощностей по выпуску малогабаритных тракторов класса 0,2 в объеме 45 тыс. шт. в год [18]. Машиностроители считали, что появилась необходимость в новом классе техники - мотокультиваторах и мотоблоках, малогабаритных тракторах мощностью 10-25 л.с. [19]. Кроме этого был начат выпуск соответствующих сельскохозяйственных машин, предназначенных для использования их с минитракторами, разработан прицепной зерноуборочный комбайн с пропускной способностью до 3 кг/с.

Следует отметить, что подобная уверенность суждений была свойственна прежде всего специалистам (экономистам и машиностроителям), не связанным непосредственно с исследованием процессов использования техники. В то же время имевшийся опыт в арендных, подрядных подразделениях, коллективах интенсивного труда (КИТ) и практика деятельности зарубежных фермеров не давали повода предполагать, что в крестьянских (фермерских) хозяйствах можно эффективно использовать малогабаритную технику.

Абсолютное большинство авторов, в том числе и ратующих за создание малогабаритной техники для отечественных крестьянских (фермерских) хозяйств, отмечают [20], что Россия уступает зарубежным странам - где в абсолютном большинстве функционируют фермы с небольшими площадями пашни- и по количеству тракторов на 100 га пашни (в 2,7-17,7 раза), и по их мощности на 100 га пашни (в 1,6-3,3 раза). Естественно, сразу возникает вопрос, почему зарубежные фермеры не смогли обойтись только малогабаритной техникой, а российские крестьяне смогут? В качестве контраргумента порой приводится мнение, что за рубежом иная по мощности структура тракторного парка, т.е. у зарубежных фермеров количество тракторов больше, но средняя единичная их мощность значительно меньше, чем это сложилось в нашей стране [21,с.7]. Поэтому разработчики прогноза производства сельскохозяйственной техники и удовлетворения потребности сельского хозяйства в ней в 1994-2000 годах исходили из предположения, что «состав имеющегося парка машин по типажу совер-

шенно не соответствует требованиям фермерских хозяйств: средняя мощность тракторов для фермерских хозяйств должна быть в 2-3 раза меньше, ширина захвата навесных и прицепных машин, их рядность и производительность также должны быть гораздо меньше, чем существующих» [22].

Однако изучая зарубежный опыт, мы не нашли подтверждения тому, что в структуре тракторного парка за рубежом якобы преобладают менее мощные тракторы, чем в бывшем СССР. Действительно, до середины 80-х годов указанная тенденция имела место, но в последующем произошли существенные изменения. Так, в 1986 году средняя мощность тракторных двигателей «в парке» составляла в СССР - 62,5 кВт, а в США - 49,3 кВт. Однако, как минимум, с 1984 года средняя мощность «в поставке» уже составляла в США 75 кВт, тогда как в СССР - лишь 65,4 кВт. [23,с.64]. В Канаде за 1988-1989 годы продажа сельскохозяйственных тракторов с мощностью двигателя до 73,5 кВт сократилась на 12,8% при одновременном росте продаж тракторов с мощностью двигателя свыше 73,5 кВт на 26,6% [23,с.73]. В Великобритании в то же время объем продаж тракторов мощностью свыше 71 кВт составлял около 80% [23, с.84]. Соответственно, спрос потребовал изменения структуры производства сельскохозяйственных тракторов. В частности, во Франции с 1986 г. по 1989 г. удельный вес производства тракторов мощностью 25-37 кВт сократился в 3,6 раза; мощностью 38-59 кВт - в 1,5 раза. При этом удельный вес тракторов мощностью 76-90 кВт возрос в 4,1 раза, а мощностью свыше 90 кВт - в 2,7 раза. В среднем во Франции тракторы мощностью свыше 75 кВт составили 26,5% от общего объема выпуска [23,с.88].

Для сравнения отметим, что на тот же период в бывшем СССР проводилась аналогичная техническая политика. Например, в 1985-1988 гг. в структуре производства удельный вес сельскохозяйственных тракторов мощностью 73,5 кВт и выше занимал 23,5-25,2% [23, с.6]. Следовательно, мнение машиностроителей о необходимости существенного изменения структуры выпускаемых тракторов в сторону снижения единичной мощности машин в связи с развитием фермерского движения нельзя признать обоснованным.

В целом приведенные данные позволяют утверждать, что в зарубежных странах, несмотря на существенно иные масштабные характеристики основной массы сельскохозяйственных предприятий, отличающиеся в меньшую сторону от советских колхозов и совхозов по площади пашни в 138,1 (Франция)...20,6 (США) раза [24,с.5], тем не менее утвердилась тенденция к увеличению не только суммарной мощности тракторного парка, но и к росту единичной мощности тракторов.

Зарубежные ученые, анализируя указанную тенденцию, утверждают, что «техника более крупных размеров позволяет выполнить работы в срок», «наличие крупной техники придает хозяйству гибкость и маневренность». «Дополнительные издержки на содержание техники компенсируются гарантиями на случай нарушения графиков полевых работ из-за плохих погодных условий». «Крупные машины требуют меньших затрат труда», «фермеры, не склонные к риску, иногда предпочитают крупную технику» [25,с.423-424]. В связи с этим нельзя не согласиться с мнением И.П. Ксеневича [26,с.10] о том, что ограниченное количество тракторов (1-2) в малых хозяйствах предъявляет особые требования к качеству техники. Поэтому обеспечение гарантированной вероятности выполнения сельскохозяйственных работ в оптимальные сроки приводит к необходимости резервирования производительности машинно-тракторных агрегатов за счет увеличения мощности трактора. Так, на ферме по возделыванию кукурузы и сои на площади 200 га это увеличение составило более чем в 1,5 раза.

Однако, полностью разделяя точку зрения И.П. Ксеневича, мы полагаем, что не только ограниченное количество машин в малых хозяйствах и низкий уровень их надежности требуют увеличения мощности тракторов. Нельзя не учитывать специфику использования техники в любых малых коллективах. Примечателен в этом плане опыт отечественных арендных, подрядных подразделений и коллективов интенсивного труда (КИТ). Например, специалистами ВНИПТИМЭСХ установлено, что при переходе от хозяйства в целом к производственному подразделению удельная потребность в технике увеличивается на 19%, а от под-

разделения к севообороту - еще на 14%.

Опыт деятельности коллективов интенсивного труда (КИТ) в Сибири показал [27,с.16-17], что «использование техники в КИТ характеризуется несколько худшими показателями», по сравнению с использованием техники в обычной бригаде (таблица 1).

Таблица 1. Результаты хронометражных наблюдений на посевных работах в коллективе интенсивного труда Кожуховых

Операция	Коэффициент использования времени					
	дневного		сменного		технологического	
	КИТ	бригада	КИТ	бригада	КИТ	бригада
Посев *)	0,41	0,52	0,48	0,64	0,53	0,64
Предпосевная обработка с внесение удобрений	0,58	0,52	0,48	0,64	0,53	0,64
Прикатывание	0,52	0,56	0,54	0,72	,63	0,92

*) Для КИТ - посев с боронование

Следует отметить, что снижение показателей использования техники в КИТ никак не связано с недостаточной квалификацией механизаторов. Например, если в коллективах интенсивного труда обеспеченность механизаторами первого класса составляла 72%, то в обычных бригадах лишь 51% [27,с.19-20]. Кроме того эти коллективы были обеспечены всесторонним и высококвалифицированным научно-техническим обслуживанием со стороны специалистов хозяйства, включающим разработанную для каждого поля технологическую информацию в виде оргтехкарты поля соответствующего севооборота. В этих картах содержалась детальная информация следующего содержания: сорт культуры, норма высева, глубина посева, запас влаги, обеспеченность элементами питания, требуемая доза внесения удобрений, засоренность, вид необходимой химобработки, ожидаемая урожайность, направления движения агрегатов по каждой технологической операции, последовательность обработок участков и направления переездов [27,с.18,29].

Таким образом, в малых производственных коллективах практически невозможно добиться уровня интенсивности использования и производительности машинно-тракторных агрегатов, достигнутых в условиях рядовых крупных хозяйств. Вполне логично предположить, что в условиях крестьянских (фермерских) хозяйств, где невозможно обеспечить подобный уровень научно-технологического обеспечения и отсутствует высококвалифицированный кадровый потенциал, показатели интенсивности и производительности машинно-тракторного парка будут существенно ниже, чем в КИТ. В целом приведенные данные ставят под сомнение возможность применения для крестьянских (фермерских) хозяйств нормативной базы, используемой для обоснования машинно-тракторного парка в крупных хозяйствах.

Однако, нельзя сводить все особенности использования техники в крестьянских (фермерских) хозяйствах только к их отличию по количеству машин и масштабным характеристикам условий их использования. При этом не учитываются особенности крестьянских (фермерских) хозяйств как особой организационной формы, где складываются специфические условия по источникам формирования финансовых средств, направляемых для приобретения техники, квалификационным характеристикам фермеров, распределению объемов работ между членами хозяйства и степени загрузки фермеров во время проведения основных работ, мотивационным характеристикам труда, методам организации и выполнения полевых механизированных работ и т.д. [1,2,7,9,10,13,29,30].

Проведенные нами исследования позволили сформулировать следующие особенности использования машинно-тракторного парка в действующих в настоящее время крестьянских (фермерских) хозяйствах:

- несоответствие объемов механизированных работ и технического оснащения для их выполнения. В крупных хозяйствах этот фактор также имеет место, но может быть локали-

зован применением технических средств, сходных по технологическому назначению. В крестьянских (фермерских) хозяйствах он будет присутствовать практически постоянно: невозможно в рамках отдельного самостоятельного крестьянского (фермерского) хозяйства технически обеспечить технологию возделывания всех культур, необходимых для реализации принятых севооборотов;

- недостаток квалификации фермеров по вопросам эксплуатации, ремонта и обслуживания машинно-тракторного парка. Из числа сельских жителей, ставших фермерами, только 20% глав хозяйств имели квалификацию тракториста-машиниста;

- преимущественно последовательное выполнение полевых механизированных работ. При индивидуальном использовании техники практически невозможно организовать параллельное выполнение технологических операций из-за отсутствия квалифицированных механизаторов и соответствующего количества технических средств;

- многофункциональное применение энергетических средств, которые используются не только на полевых механизированных работах, но также как автономные энергоносители для привода различного рода вспомогательных стационарных машин и механизмов, в качестве грузоподъемных машин и обеспечения транспортных потребностей крестьянской семьи;

- низкая интенсивность использования сельскохозяйственных машин, что объясняется небольшими объемами однотипных технологических операций и отсутствием комбинированных сельскохозяйственных машин;

- отсутствие производственно-технической инфраструктуры по обеспечению работоспособного состояния машин и механизмов, технического и технологического обеспечения высококачественного проведения полевых механизированных работ. В крестьянских (фермерских) хозяйствах практически отсутствует ремонтно-технологическое оборудование, средства технологической настройки и регулировки сельскохозяйственных машин, площадки с твердым покрытием для межсменной стоянки и хранения техники, помещения для ее ремонта и обслуживания, оборудованные должным образом склады нефтепродуктов [1,6,10,11, 28].

Заключение. Специфические особенности машиноиспользования, помноженные на объективные условия использования техники в условиях крестьянских (фермерских) хозяйств, указывают на необходимость особого подхода к формированию машинно-тракторного парка в крестьянских (фермерских) хозяйствах. Важнейшим ограничением является дефицит финансовых средств, из-за которого невозможно одновременно на этапе создания сформировать оптимальный парк машин и механизмов. Однако попытки решить эту проблему посредством использования малопроизводительной техники, прежде всего малогабаритной, изначально бесперспективны в силу отмеченных особенностей использования техники в крестьянских (фермерских) хозяйствах. Необходимость ее производства объясняется не потребностями крестьянских (фермерских) хозяйств, которые ведут товарное производство сельскохозяйственной продукции, а необходимостью снижения трудоемкости производства продукции в личных подсобных хозяйствах населения и на садово-огородных участках. Это безусловно является важной народно-хозяйственной задачей, но не имеет отношения к проблеме эффективной реализации производственного потенциала крестьянских (фермерских) хозяйств.

Мы полагаем, что необходимо рассматривать процесс технического оснащения крестьянских (фермерских) хозяйств как долговременную задачу, решаемую поэтапно на протяжении всего периода их становления. С практической точки зрения это условие означает необходимость приобретения в первую очередь такой техники, и прежде всего тракторов, которые в состоянии эффективно и качественно выполнять самые энергонасыщенные технологические операции.

Вместе с тем доказательство бесперспективности использования в крестьянских (фермерских) хозяйствах сравнительно дешевой, но малопроизводительной малогабаритной техники не снимает вопроса о направлениях снижения финансовых затрат при формировании в них машинно-тракторного парка. Стратегическими направлениями решения данной пробле-

мы являются следующие. Во-первых, в крестьянских (фермерских) хозяйствах, как правило, один человек выполняет все необходимые работы. Поэтому каждую операцию выполнять на отдельной машине, как в крупных хозяйствах, экономически нереально. Следовательно, применительно к фермерским хозяйствам особое значение имеет использование комбинированных машин и комплексов, позволяющих за один проход выполнить несколько технологических операций. Во-вторых, альтернативное привлечение техники со стороны для удовлетворения производственно-технологических потребностей крестьянских (фермерских) хозяйств (кооперация, аренда, прокат и т.п.).

Список литературы

1. Сазонов С.Н. Методология эффективного формирования и использования производственных ресурсов в крестьянских (фермерских) хозяйствах: автореф. дис… докт. техн. наук -Саратов, 1998. -48с.

2. Сазонов С.Н., Сазонова Д.Д. Оценка эффективности использования производственно-технических ресурсов в фермерских хозяйствах//Вестник Мичуринского государственного аграрного университета.-2014.-№1.-С.96-103

3. Ерохин Г.Н. и др. О надежности работы современных зерноуборочных комбайнов//Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. -2013. -№ 6. -С. 59-63.

4. Ерохин Г.Н. и др. Моделирование показателей использования зерноуборочных комбайнов ACROS 530 и VECTOR 410// /АПК России. -2013. -Т. 65. -С. 114-117.

5. Ерохин Г.Н., Коновский В.В. Показатели ремонтопригодности зерноуборочных комбайнов//Техника и оборудование для села. -2007 -№2 -С.37-38.

6. Ерохин Г.Н. Целесообразность услуг машинно-технологических станций на уборке зерновых культур // Техника и оборудование для села. -2006. -№5. -С.30-31.

7. Глотов А.Л. и др. Рекомендации по определению парка машин и оборудования в крестьянских (фермерских) хозяйствах растениеводческого направления -М.:Росинформагротех, 1999. – 44 с.

8. Земцова В.М. и др. Повышать доходы крестьянских хозяйств // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. -1996. - №4. - с.36-40

9. Сазонов С.Н. Два варианта развития фермерского движения//АПК: экономика, управление.-1994. - №7. - С. 7-10.

10. Остриков В.В. и др. Эффективность использования нефтепродуктов в фермерских хозяйствах //Сельский механизатор. -2012. -№10. -С.32-33.

11. Остриков В.В. и др. Доступность и повышение эффективности использования нефтепродуктов в фермерских хозяйствах//АПК России.-2014.-Т.68. -С.76-83

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

13. Афанасьев В.Н. и др. Анализ хозяйственной деятельности крестьянских хозяйств. -М.: РУ ЦНИИМ. -1995. -49 с.

14. Справочник фермера - М.: Информагротех, 1992. - 420 с.

15. Фермерские хозяйства: принципы формирования и функционирования - М., 1994. - 171 с.

16. Хвостов В.А. и др. Границы эффективности различных комплексов машин для фермерских хозяйств // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1993. - №8. – С. 9 -12

17. Техника-фермеру (каталог) - М.: Информагротех, 1992.- 39 с.

18. Щельцын Н.А. Программа обеспечения сельского хозяйства Российской Федерации тракторной техникой // Научно-технический прогресс в инженерной сфере АПК России - М.:ВИМ, 1993, с.67-70

19. Техническая оснащенность сельского хозяйства России // Экономика сельского хозяйства России.-1994. - №9. - С.20

20. Курцев Д.Л., Мацеренко И.П. Состояние и перспективы развития сельскохозяй-

ственного машиностроения в России // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1993.- №4. - С.1-5

21. Кугель Р.В. Эксплуатационная надежность тракторов - М.: Агропромиздат, 1990 - 112 с.

22. Технический прогресс и размеры хозяйства // Экономика сельского хозяйства. 1994. - №9. - С.10

23. Краткий справочник. Мировое сельское хозяйство. Серия «Механизация и электрификация» - М., 1990. - 99 с.

24. Баутин В.М., Аронов Э.Л. Формы совместного использования фермерами сельскохозяйственной техники в странах Западной Европы - М.: ВНИИТЭИагропром, 1992.- 62 с.

25. Касл Э. и др. Эффективное фермерское хозяйствование - М.:Агропромиздат,1991. - 496 с.

26. Ксеневич И.П. Выбор концепции создания энергетических средств и модульное их конструирование // Техника в сельском хозяйстве.-1991.- №2.- С.9-12

27. Организация использования сельскохозяйственной техники в коллективах высокопроизводительного труда. Обзор. информ.// Госагропром СССР. АгроНИИТЭИИТО.- М., 1989.- 30 с.

28. Петрашев А. И. и др. Научно-технические основы механизации процессов консервации аграрной техники//Вестник МичГАУ. -2014. -№ 4. -С. 61-67.

29. Никитин А.В. Почему страхование сельскохозяйственных культур является дорогим, или как снизить затраты на страхование // Агрострахование и кредитование. -2005. - №8. - С.19-25.

30. Справочник экономиста сельскохозяйственной организации. - М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2012. – 464 с.

Refereces

1. Sazonov S.N. Metodologija jeffektivnogo formirovanija i ispol`zovanija proizvodstvennyh resursov v krest`janskih (fermerskih) hozjajstvah: avtoref. dis… dokt. tehn. nauk -Saratov, 1998. - 48s.

2. Sazonov S.N., Sazonova D.D. Ocenka jeffektivnosti ispol`zovanija proizvodstvenno-tehnicheskih resursov v fermerskih hozjajstvah//Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.-2014.-№1.-S.96-103

3. Erohin G.N. i dr. O nadezhnosti raboty sovremennyh zernouborochnyh kombajnov//Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. -2013. -№ 6. -S. 59-63.

4. Erohin G.N. i dr. Modelirovanie pokazatelej ispol`zovanija zernouborochnyh kombajnov ACROS 530 i VECTOR 410// /APK Rossii. -2013. -T. 65. -S. 114-117.

5. Erohin G.N., Konovskij V.V. Pokazateli remontoprigodnosti zernouborochnyh kombajnov//Tehnika i oborudovanie dlja sela. -2007 -№2 -S.37-38.

6. Erohin G.N. Celesoobraznost` uslug mashinno-tehnologicheskih stancij na uborke zernovyh kul`tur // Tehnika i oborudovanie dlja sela. -2006. -№5. -S.30-31.

7. Glotov A.L. i dr. Rekomendacii po opredeleniju parka mashin i oborudovanija v krest`janskih (fermerskih) hozjajstvah rastenievodcheskogo napravlenija -M.:Rosinformagroteh, 1999 - S.44

8. Zemcova V.M. i dr. Povyshat` dohody krest`janskih hozjajstv // Jekonomika sel`skohozjajstvennyh i pererabatyvajushhih predprijatij. -1996. - №4. - s.36-40

9. Sazonov S.N. Dva varianta razvitija fermerskogo dvizhenija//APK: jekonomika, upravlenie.- 1994. - №7. - S. 7-10.

10. Ostrikov V.V. i dr. Jeffektivnost` ispol`zovanija nefteproduktov v fermerskih hozjajstvah //Sel`skij mehanizator. -2012. -№10. -S.32-33.

11. Ostrikov V.V. i dr. Dostupnost` i povyshenie jeffektivnosti ispol`zovanija nefteproduktov v fermerskih hozjajstvah//APK Rossii.-2014.-T.68. -S.76-83

12. Ostrikov V.V. i dr. Aktual`nye problemy povyshenija jeffektivnosti ispol`zovanija nefteproduktov v sel`skohozjajstvennoj // Mehanizacija i jelektrifikacija sel`skogo hozjajstva. -2013. -

№1. -S.30-32.

13. Afanas`ev V.N. i dr. Analiz hozjajstvennoj dejatel`nosti krest`janskih hozjajstv. -M.: RU CNIIM. -1995. -49 s.

14. Spravochnik fermera - M.: Informagroteh, 1992. -S.420

15. Fermerskie hozjajstva: principy formirovanija i funkcionirovanija - M., 1994. - S.171

16. Hvostov V.A. i dr. Granicy jeffektivnosti razlichnyh kompleksov mashin dlja fermerskih hozjajstv // Traktory i sel`skohozjajstvennye mashiny. 1993. - №8. - S. 9 -12

17. Tehnika-fermeru (katalog) - M.: Informagroteh, 1992.- S.39

18. Shhel`cyn N.A. Programma obespechenija sel`skogo hozjajstva Rossijskoj Federacii traktornoj tehnikoj // Nauchno-tehnicheskij progress v inzhenernoj sfere APK Rossii - M.:VIM, 1993, s.67-70

19. Tehnicheskaja osnashhennost` sel`skogo hozjajstva Rossii // Jekonomika sel`skogo hozjajstva Rossii.-1994. - №9. - S.20

20. Kurcev D.L., Macerenko I.P. Sostojanie i perspektivy razvitija sel`skohozjajstvennogo mashinostroenija v Rossii // Traktory i sel`skohozjajstvennye mashiny. - 1993.- №4. - S.1-5

21. Kugel` R.V. Jekspluatacionnaja nadezhnost` traktorov - M.: Agropromizdat, 1990 - S.112

22. Tehnicheskij progress i razmery hozjajstva // Jekonomika sel`skogo hozjajstva. 1994. - №9. - S.10

23. Kratkij spravochnik. Mirovoe sel`skoe hozjajstvo. Serija «Mehanizacija i jelektrifikacija» - M.,1990. - S.99

24. Bautin V.M., Aronov Je.L. Formy sovmestnogo ispol`zovanija fermerami sel`skohozjajstvennoj tehniki v stranah Zapadnoj Evropy - M.: VNIITJeIagroprom, 1992.- S.62

25. Kasl Je. i dr. Jeffektivnoe fermerskoe hozjajstvovanie - M.:Agropromizdat,1991. - S.496

26. Ksenevich I.P. Vybor koncepcii sozdanija jenergeticheskih sredstv i modul`noe ih konstruirovanie // Tehnika v sel`skom hozjajstve.-1991.- №2.- S.9-12

27. Organizacija ispol`zovanija sel`skohozjajstvennoj tehniki v kollektivah vysokoproizvoditel`nogo truda. Obzor. inform.// Gosagroprom SSSR. AgroNIITJeIITO.- M., 1989.- S.30

28. Petrashev A. I. i dr. Nauchno-tehnicheskie osnovy mehanizacii processov konservacii agrarnoj tehniki//Vestnik MichGAU. -2014. -№ 4. -S. 61-67.

29. Nikitin A.V. Pochemu strahovanie sel`skohozjajstvennyh kul`tur javljaetsja dorogim, ili kak snizit` zatraty na strahovanie // Agrostrahovanie i kreditovanie. -2005. - №8. -S.19-25.

30. Spravochnik jekonomista sel`skohozjajstvennoj organizacii. - M.: FGBNU «Rosinformagroteh», 2012. - S.464.

УДК 631.303

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РАБОТЫ КАТУШЕЧНОГО ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА ДЛЯ ВЫСЕВА СЕМЯН МАСЛИЧНЫХ МЕЛКОСЕМЕННЫХ КУЛЬТУР

Кувайцев Виктор Николаевич,
кандидат технических наук, доцент кафедры «Механизация технологических процессов в АПК» ФГБОУ ВО Пензенская ГСХА E-mail: sha_penza@mail.ru

Ларюшин Николай Петрович,
доктор технических наук, профессор кафедры «Механизация технологических процессов в АПК» ФГБОУ ВО Пензенская ГСХА E-mail: sha_penza@mail.ru

Лысый Сергей Петрович,
аспирант кафедры «Механизация технологических процессов в АПК» ФГБОУ ВО Пензенская ГСХА E-mail: skorpionus2008@rambler.ru

Шуков Александр Васильевич
кандидат технических наук, доцент кафедры «Основы конструирования механизмов и машин» ФГБОУ ВО Пензенская ГСХА E-mail: sha_penza@mail.ru

Реферат. *Исследован технологический процесс работы катушечного высевающего аппарата для высева семян масличных мелкосеменных культур. Проведен теоретический анализ движения семени при выходе из желобка шайбы с мелкозубчатым профилем с учетом сопротивления воздуха. Рассчитаны и обоснованы оптимальные параметры катушечного высевающего аппарата сеялки. Приведено описание конструкции катушечного высевающего аппарата с катушкой, выполненной в виде шайбы с мелкозубчатым профилем для посева семян масличных мелкосеменных культур. Описан технологический процесс работы высевающего аппарата. Определено уравнение траектории движения семени, выброшенного шайбой с мелкозубчатым профилем под углом к горизонту в вертикальной плоскости с учетом силы сопротивления воздуха, направленного против скорости полета семени и при этом пропорциональной скорости и массе. Семя принято за материальную точку. Получена аналитическая зависимость дальности вылета семени при одной и той же скорости полета семени, а так же при одинаковых углах направления вылета к горизонту. В результате теоретических исследований были получены аналитические зависимости для определения оптимальных значений конструктивных и режимных параметров катушечного высевающего аппарата с катушкой, выполненной в виде шайбы с мелкозубчатым профилем обеспечивающего равномерное распределение семян масличных мелкосеменных культур по площади рассева. Это приводит к увеличению урожайности культуры, снижению себестоимости продукции, снижению трудоемкости выполняемых работ при переходе на посев другой масличной мелкосеменной культуры.*

Ключевые слова: *теоретические исследования, равномерность распределения, сеялка, катушечный высевающий аппарат, семена.*

RESEARCHES OF TECHNOLOGICAL PROCESS OF OPERATION OF THE BOBBIN SOWING DEVICE FOR SEEDING OF MELKOSEMENNY OILSEEDS OF CULTURES

Kuvaytsev Victor,
candidate of Technical Sciences, associate professor "Mechanization of technological processes in agrarian and industrial complex" FGBOOU WAUGH Penza GSHA E-mail: sha_penza@mail.ru
Laryushin Nikolay,
doctor of Engineering, professor of "Mechanization of Technological Processes in Agrarian and Industrial Complex" department FGBOOU WAUGH Penza GSHA E-mail: sha_penza@mail.ru
Lyssyi Sergey,
graduate student of "Mechanization of Technological Processes in Agrarian and Industrial Complex" department FGBOOU WAUGH Penza GSHA
E-mail: skorpionus2008@rambler.ru
Shukov Alexander
candidate of Technical Sciences, associate professor of "Basis of designing of mechanisms and cars" FGBOOU WAUGH Penza GSHA E-mail: sha_penza@mail.ru

Abstract. *The technological process of the work coil sowing apparatus for seeding small-seeded oilseed crops is investigated. Theoretical analysis of the movement of the seed at the exit from groove washers with serrulate profile, taking into account of air resistance is carried out. The optimal parameters of the coil seed sowing machine are calculated and justified. Description of the construction of the coil sowing apparatus with a coil made in the form of a washer with serrulate profile for seeding small-seeded oilseed crops is given. The technological process of work of sowing apparatus is described. The equation of motion trajectories of seed ejected by washer with a serrulate profile at an angle to the horizon in a vertical plane with regard of force of air resistance directed against seed flying speed and thus proportional to the velocity and mass were determined. Seed is taken as a material point. Analytical dependence of range of sortie of seed with the same flying speed of seed, as well as at the same angles of direction of emission to the horizontal is obtained. Analytical dependence for determining the optimal values of design and operational param-*

eters of the coil sowing apparatus with a coil made in the form of a washer with a serrulate profile, ensuring an even distribution of small-seeded oilseed crops in screening areas were obtained as a result of theoretical research. This leads to an increase in crop yields, reduce production cost, reduce labor intensity of work performed during the transition to other oilseed sowing small-seeded culture

Keywords: *theoretical researches, uniformity of distribution, a seeder, the bobbin sowing device, seeds.*

Введение. Для посева семян масличных мелкосеменных культур используются сеялки различных конструкций и типов: AMAZONE D9 – 40, СЗТ-5,4 ASTRA 5,4T, Metro Mega 1200, ЗС – 4,2, РИТМ СЗ – 6, John Deere 455, DIRETTA GASRARDO, Focus 6TD HORSCH, Flexi-Coil ST 820, Seed Hawk и др.[1]. Для высева семян масличных мелкосеменных культур в основном применяются катушечные высевающие аппараты, при работе которых наблюдается неравномерность распределения семян по площади рассева, что сказывается на снижении урожайности культуры [2,3].

Российскими и зарубежными учеными было разработано множество катушечных высевающих аппаратов для высева семян масличных мелкосеменных культур, однако, показатели их качества не в полной мере удовлетворяют агротехническим требованиям. При этом работа, проводимая в направлении повышения показателей качества посева, является актуальной [4-6].

Катушечные высевающие аппараты должны отвечать следующим основным агротехническим требованиям: равномерно распределять семена по площади рассева, не травмировать семена, без пульсации подавать семена при высеве [7].

Цель исследования - поиск оптимальных режимов работы катушечного высевающего аппарата с катушкой, выполненной в виде шайбы с мелкозубчатым профилем.

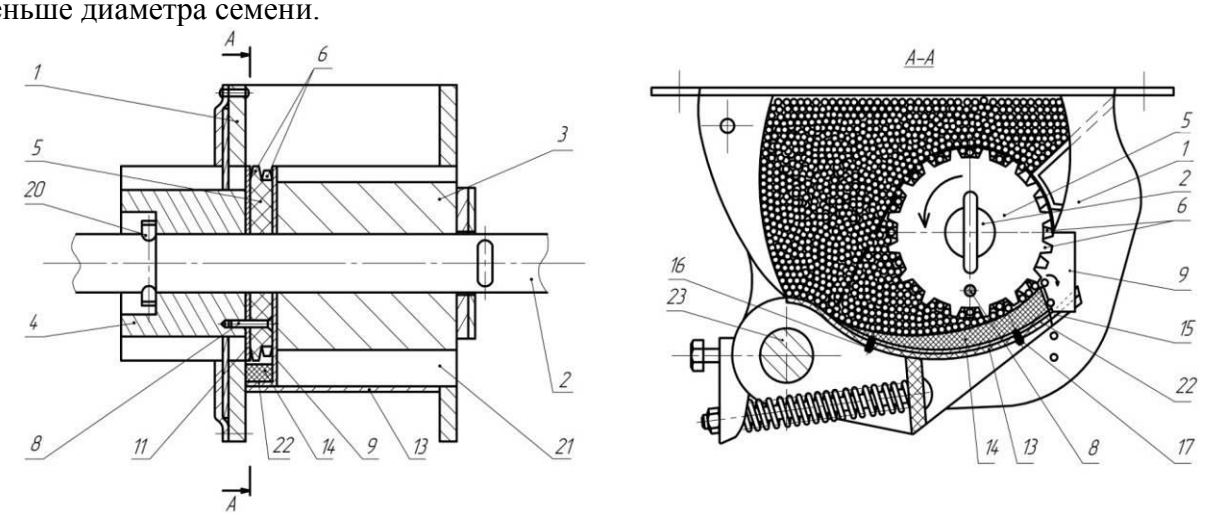
Материалы и методы. Результатами данной работы являются аналитические зависимости для определения оптимальных значений конструктивных и режимных параметров катушечного высевающего аппарата с катушкой, выполненной в виде шайбы с мелкозубчатым профилем обеспечивающего равномерное распределение семян масличных мелкосеменных культур по площади рассева.

Результаты и обсуждение. В настоящее время в ФГБОУ ВО Пензенская ГСХА разработан, изготовлен и испытан в полевых условиях катушечный высевающий аппарат, выполненный в виде шайбы с мелкозубчатым профилем для высева семян масличных мелкосеменных культур (Заявка в ФИПС № 2016107517 от 1.03.2016 г. на патент «Катушечный высевающий аппарат для высева мелкосеменных культур»).

Катушечный высевающий аппарат, выполненный в виде шайбы с мелкозубчатым профилем для высева мелкосеменных культур, содержит корпус 1 (рис.1), установленные на приводном валу 2 муфту 3, желобчатую катушку 4 и шайбу 5 с мелкозубчатым профилем, установленную между желобчатой катушкой 4 и муфтой 3. Мелкозубчатый профиль шайбы 5 образован усеченными правильными четырехугольными пирамидами 6. На приводном валу 2, между шайбой 5 и желобчатой катушкой 4, установлено кольцо 11 со сквозным отверстием 12 соосным отверстию на шайбе 5. Шайба 5 присоединена к желобчатой катушке 4, вместе с кольцом 11, посредством соединительного цилиндрического штифта 8. На рабочей поверхности донца 13, установлено утолщение 14, зафиксированное на донце 13 с помощью упругого неподвижного разъемного соединения. Утолщение 14 имеет рабочую криволинейную грань, опорную криволинейную грань, ребро и торец. Зазор ***c*** между задней поверхностью рабочей криволинейной грани утолщения 14 и торцами пирамид 6 шайбы 5 не превышает четырехкратной толщины мелких семян. На рабочей поверхности донца 13 установлена неподвижно ограничительная пластина 9, которая имеет нижнюю, верхнюю, заднюю и переднюю части. Нижняя часть выполнена с отбортовкой 22. На отбортовке 22 выполнены два отверстия для крепления ее к донцу 13. В верхней части пластины 9 выполнена фигурная прорезь 10. Между пластиной 9 и шайбой 5 имеется зазор менее 1/6 диаметра семени [8].

Катушечный высевающий аппарат, выполненный в виде шайбы с мелкозубчатым профилем для высева мелкосеменных культур, работает следующим образом.

При вращении приводного вала 2 через штифт 20 получает вращение желобчатая катушка 4. От желобчатой катушки 4 посредством соединительного цилиндрического штифта 8 получает вращение шайба 5 и кольцо 11. Семена самотеком поступают в корпус 1 и заполняют пространство вокруг муфты 3, шайбы 5, кольца 11 и ограничительной пластины 9. При вращении шайбы 5, семена в верхней части шайбы 5 заполняют профиль шайбы 5 и перемещаются принудительно вместе с шайбой 5. Для исключения сгруживания семян под кольцом 11 и исключения травмирования семян между шайбой 5 и кольцом 11, толщина кольца 11 меньше диаметра семени.



1 – корпус; 2 – приводной вал; 3 – муфта; 4 – желобчатая катушка; 5 – шайба с мелкозубчатым профилем; 6 – усеченные правильные четырехугольные пирамиды; 8 – соединительный цилиндрический штифт; 9 – ограничительная пластина; 11 – кольцо; 13 – донце; 14 – утолщение; 15 – скос донца; 16,17 – упругие цилиндрические защелки; 20 – штифт; 21 – ребро муфты; 22 – отбортовка; 23 – вал механизма опорожнения высевающего аппарата

Рисунок 1-Схема экспериментального катушечного высевающего аппарата

Для регулирования малых норм высева семян, возможности высева мелкосеменных культур, имеющих различные размерные характеристики, исключения травмирования семян при равномерном высеве и без сгруживания семян в нижней части шайбы 5, на рабочей поверхности донца 13, установлено утолщение 14.

Для бесперебойного течения семян непосредственно в зазор ***c*** между задней поверхностью рабочей криволинейной грани утолщения 14 и торцами пирамид 6 шайбы 5, исключения преждевременного выпадения семян из профиля шайбы 5 и схода семян с утолщения 14 в сторону муфты 3 и донца 13, на валу 2, между шайбой 5 и муфтой 3, установлена свободно пластина 9.

Для сокращения времени наладки высевающего аппарата, расширения диапазона высева семян различных культур и повышения надежности работы высевающего аппарата, упругое неподвижное разъемное соединение включает две упругие цилиндрические защелки 16,17. Выпадение семян в воронку семяпровода происходит с верхней кромки торца утолщения 14. При этом зазор между донцем 13 и ребром 21 муфты 3 минимальный.

Таким образом, экспериментальный катушечный высевающий аппарат, выполненный в виде шайбы с мелкозубчатым профилем, позволяет уменьшить травмирование семян, улучшить равномерность распределения семян по площади рассева, снизить трудоемкость выполняемых работ при переходе на посев другой мелкосеменной культуры, строго выполнить установленную норму высева.

Задачей теоретических исследований является изучение технологического процесса работы катушечного высевающего аппарата, выполненного в виде шайбы с мелкозубчатым

профилем [8].

Для устойчивой работы высевающего аппарата должны выполняться следующие основные условия: мелкие семена должны полностью заполнять желобки шайбы, при работе семена не должны травмироваться.

Рассмотрим движения семени при выходе из желобка шайбы с мелкозубчатым профилем с учетом сопротивления воздуха $\overline{P}$ (рис.2). Принимая семя за материальную точку массой m [9], определим уравнение траектории движения семени, выброшенного шайбой с мелкозубчатым профилем со скоростью v_0 под углом α к горизонту в вертикальной плоскости с учетом силы сопротивления воздуха, направленного против скорости, пропорциональной скорости и массе:

$$P = k \cdot m \cdot v, \qquad (1)$$

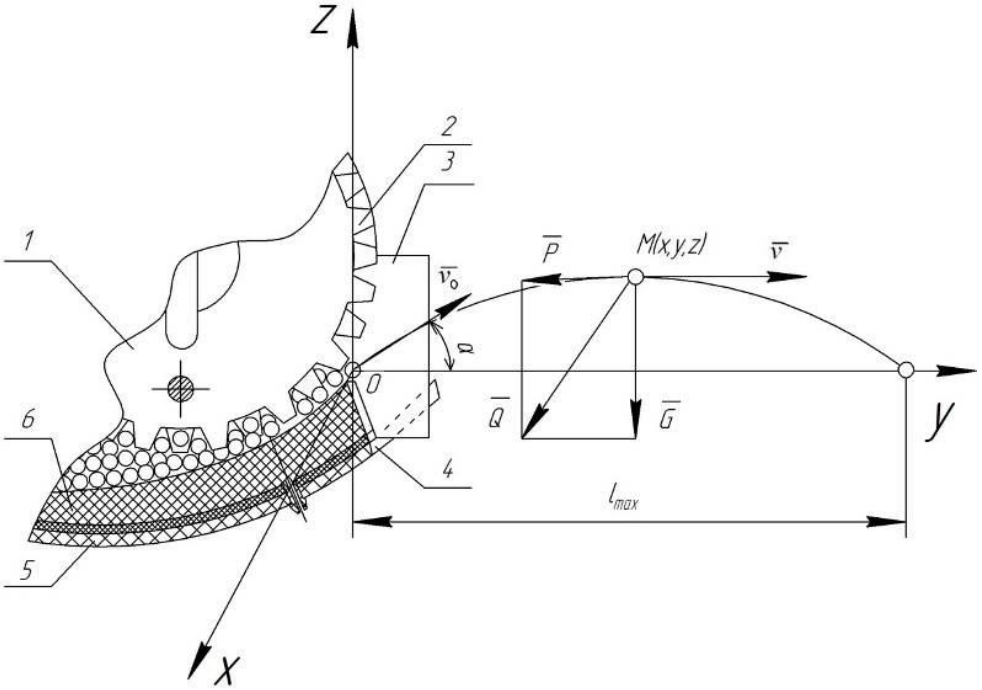
где – k– постоянный коэффициент пропорциональности.

Точку О примем за начало прямоугольной декартовой системы координат в момент выброса семени. Если движущееся семя с ее координатами *x, y, z* и их первые производные положительные, то будут действовать сила тяжести $\overline{G}$, направленная вертикально вниз и сила сопротивления воздуха $\overline{P}$, направленная противоположно направлению скорости семени $\overline{v}$. Равнодействующая сила $\overline{Q}$ будет определяться из выражения:

$$\overline{Q} = \overline{G} + \overline{P}, \qquad (2)$$

при этом сила сопротивления воздуха будет иметь вид:

$$\overline{P} = -k \cdot m \cdot \overline{v}. \qquad (3)$$



1 – шайба с мелкозубчатым профилем; 2 – усеченные правильные четырехугольные пирамиды; 3 – ограничительная пластина; 4 – скос донца;
5 – донце; 6 – утолщение

Рисунок 2- Схема к расчету исследования движения семени при выходе из желобка шайбы с мелкозубчатым профилем с учетом сопротивления воздуха

Так как в выбранной точке v_x, v_y, v_z скорости семени положительные, то равнодействующая сила $\overline{Q}$ будет иметь вид:

$$Q_x = -k \cdot m \cdot v_x = -k \cdot m \cdot \dot{x}; \qquad (4)$$

$$Q_y = -k \cdot m \cdot v_y = -k \cdot m \cdot \dot{y}; \quad (5)$$

$$Q_z = -m \cdot g - k \cdot m \cdot v_z = -m \cdot g - k \cdot m \cdot \dot{z}; \quad (6)$$

Движение семени при выходе с утолщения 6 (рис.2) можно продифференцировать и получить следующий вид:

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = -mkx;\ m\frac{d^2y}{dt^2} = -mky;\ m\frac{d^2z}{dt^2} = -mg - mkz. \quad (7)$$

Начальные условия при выборе осей координат примут следующий вид:

$$t = 0;\ x = 0;\ y = 0;\ z = 0;\ v_x = 0;\ v_y = v_0 \cos\alpha;\ v_z = v_0 \sin\alpha \quad (8)$$

При сокращении на массу продифференцированные уравнения примут вид:

$$dv_x / dt = -kv_x;\ dv_y / dt = -kv_y;\ dv_z / dt = -g - kv_z \quad (9)$$

Проинтегрировав каждое из уравнений системы получим:

$$\ln v_x = -kt + \ln C_1;\ \ln v_y = -kt + \ln C_2;\ \ln(v_z + g/k) = -kt + \ln C_3, \quad (10)$$

при сокращении переменных уравнения (10) получим:

$$v_x = C_1 \cdot e^{-kt};\ v_y = C_2 \cdot e^{-kt};\ v_z = -g/k - C_3 \cdot e^{-kt}, \quad (11)$$

При начальных значениях для v_x, v_y, v_z, подставленных в формулу (11), получены уравнения:

$$0 = C_1;\ v_0 \cdot \cos\alpha = C_2;\ v_0 \cdot \sin\alpha = -g/k + C_3. \quad (12)$$

При этом произвольные постоянные интегрирования будут иметь вид:

$$C_1 = 0;\ C_2 = v_0 \cdot \cos\alpha;\ C_3 = g/k + v_0 \cdot \sin\alpha \quad (13)$$

Подставляя значения постоянных интегрирования в выражение (11) получим:

$$\left.\begin{aligned} &dx/dt = 0;\ dy/dt = v_0 \cdot \cos\alpha \cdot e^{-kt}; \\ &dz/dt = (g/k + v_0 \cdot \sin\alpha) \cdot e^{-kt} - g/k; \end{aligned}\right\} \quad (14)$$

Проинтегрировав каждое дифференциальное уравнение первого порядка и, разделяя переменные в формуле (14) получим:

$$\left.\begin{aligned} &x = C_4;\ y = \frac{-v_0 \cdot \cos\alpha}{k} \cdot e^{-kt} + C_5; \\ &z = -\frac{1}{k}(g/k + v_0 \cdot \sin\alpha) \cdot e^{-kt} - \frac{g}{k} \cdot t + C_6; \end{aligned}\right\} \quad (15)$$

Уравнения для определения постоянных интегрирования C_4, C_5 C_6 получим при подстановке в формулу (15) начальных условий, тогда уравнение примет вид:

$$0 = C_4;\ 0 = -\frac{v_0 \cdot \cos\alpha}{k} + C_5;\ 0 = -\frac{1}{k}(g/k + v_0 \sin\alpha) + C_6, \quad (16)$$

при этом:

$$C_4 = 0;\ C_5 = (v_0 \cdot \cos\alpha)/k;\ C_6 = (1/k) \cdot (g/k + v_0 \sin\alpha). \quad (17)$$

При подстановке постоянных значений в формулу (15) получим:

$$x = 0;\ y = v_0 \cdot \cos\alpha / k \cdot (1 - e^{-kt});\ z = \frac{1}{k}(g/k + v_0 \sin\alpha) \cdot (1 - e^{-kt}) - \frac{g}{k}t \quad (18)$$

Искомыми уравнениями движения семени являются уравнения (18). Согласно рисунка 2 координаты точки М семени – x_1, y_1, z_1 .

По правилу Лопиталя нужно раскрыть неопределенности для получения значений x_1, y_1, z_1 из формулы (18), y_1 выразим из формулы:

$$y_1 = v_0 \cdot \cos\alpha \lim_{k \to 0} \frac{1-e^{-kt}}{k} = v_0 \cdot \cos\alpha \lim_{k \to 0} \frac{(d/dk)(1-e^{-kt})}{dk/dk} =$$
$$= v_0 \cdot \cos\alpha \lim_{k \to 0} \frac{te^{-kt}}{1} = v_0 t \cdot \cos\alpha. \quad (19)$$

Для определения предела *z* преобразуем уравнение (19), получим:

$$z = \frac{g(1-e^{-kt}-kt)}{k^2} + \frac{v_0 \cdot \sin\alpha(1-e^{-kt})}{k}. \quad (20)$$

После преобразования уравнение (20) примет вид:

$$z_1 = g \lim_{k \to 0} \frac{(d^2/dk^2)(1-e^{-kt}-kt)}{(d^2/dk^2)k^2} + v_0 \cdot \sin\alpha \lim_{k \to 0} \frac{(d/dk)(1-e^{-kt})}{dk/dk} =$$
$$= g \lim_{k \to 0} \frac{-t^2 e^{-kt}}{2} + v_0 \sin\alpha \lim_{k \to 0} \frac{te^{-kt}}{1} = -\frac{gt^2}{2} + v_0 t \sin\alpha. \quad (21)$$

При окончательном решении уравнений (18), (19), (20), (21) будем иметь уравнение движения семени под действием одной силы тяжести:

$$x_1 = 0;\ y_1 = v_0 \cdot t\cos\alpha;\ z_1 = v_0 \cdot t\sin\alpha - gt^3/2. \quad (22)$$

Исключив время *t* из уравнения (22) траектории движения семени в координатной форме будет иметь следующий вид:

$$x_1 = 0;\ z_1 = y_1 \cdot tg\alpha - \frac{gy_1^{\ 2}}{2v_0^{\ 2}\cos^2\alpha}. \quad (23)$$

Парабола, расположенная в плоскости $x_1 = 0$ является траекторией движения семени, выброшенного шайбой с мелкозубчатым профилем.

В формуле (23) $z_1 = 0$, а y_1 при этом будет выражать дальность вылета семени *l* по горизонтали, которая определяется по формуле:

$$l = (2v_0^{\ 2}\cos\alpha \cdot \sin\alpha)/g = (v_0^{\ 2}\sin 2\alpha)/g. \quad (24)$$

Преобразуя выражение (24) получим наибольшую горизонтальную дальность вылета семени l_{max} при угле выброса семени шайбой с мелкозубчатым профилем $\alpha = 45°$:

$$l_{\max} = v_0^{\ 2}/g. \quad (25)$$

Необходимо отметить, что при одной и той же скорости полета семени v_0, а так же при одинаковых углах α, направленных к горизонту или к вертикали получим одну и ту же дальность вылета *l*.

Выводы. В результате теоретических исследований были получены аналитические зависимости для определения оптимальных значений конструктивных и режимных параметров катушечного высевающего аппарата, обеспечивающего равномерное распределение семян масличных мелкосеменных культур по площади рассева.

Список литературы

1. Ларюшин, Н.П. Теоретические исследования технологического процесса работы высевающего аппарата с катушкой в виде шайбы с мелкозубчатым профилем для высева семян мелкосеменных культур / Н. П. Ларюшин, В. Н. Кувайцев, И. В. Бычков // Нива Поволжья. – 2013. – № 2 (28). – С. 83-89.

2. Ларюшин, Н.П. Посевные машины. Теория, конструкция, расчет / Н. П. Ларюшин, А. В. Мачнев, В. В. Шумаев и др.– М.: Росинформагротех, 2010. – 292 с., ил.

3. Кувайцев, В.Н. Влияние высевающего аппарата на равномерность высева мелкосеменных масличных культур / В. Н. Кувайцев, Н. П. Ларюшин, С. П. Лысый // Образование, наука, практика: инновационный аспект: сб. мат-лов междунар. научн. практ. конф., посвященной Дню российской науки. – Пенза: РИО ПГСХА, 2015. – С. 12-14.

4. Кувайцев, В.Н. Проблема посева масличных мелкосеменных культур / В. Н. Кувайцев, Н. П. Ларюшин, С. П. Лысый и др. // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: материалы VII междунар. науч. - практ. конф.–М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. – С. 466-470.

5. Летошнев, М. Н. Сельскохозяйственные машины. Теория, расчет, проектирование и испытание / М. Н. Летошнев. – М.: Госсельхозиздат, 1955. – 764 с.: ил.

6. Кленин, Н. И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Н. И. Кленин, В. А. Сакун. – М.: Колос, 1994. – 751 с.: ил.

7. Ларюшин, Н.П. Теоретическое обоснование параметров ячейки катушечного высевающего аппарата в виде шайбы с мелкозубчатым профилем / Н. П. Ларюшин, И. В. Бычков, А. В. Шуков // Новые технологии и технические средства в АПК: сб. мат-лов междунар. конф., посвящённой 105-летию со дня рождения профессора Красникова. – Пенза: РИО ПГСХА, 2013. – С. 14-16.

8. Современные посевные машины / Н. П. Ларюшин – Пенза: РИО ПГСХА, 2007. 100 с.

9. Добронравов, Н. Н. Курс теоретической механики / Н. Н. Добронравов, В. В. Никитин. – М.: Высшая школа, 1983. – 457 с.

References

1. Laryushin, N. P. Theoretical researches of technological process of operation of the sowing device with the coil in the form of a washer with a crenulate profile for seeding of seeds the melkosemennykh of cultures / N. P. Laryushin, V. N. Kuvaytsev, I. V. Bychkov//the Field of the Volga region. – 2013. – No. 2 (28). – S. 83-89.

2. Laryushin, N. P. Sowing cars. The theory, a design, calculation / N. P. Laryushin, A. V. Machnev, V. V. Shumayev, etc. – M.: Rosinformagrotekh, 2010. – 292 s.

3. Kuvaytsev, V. N. Influence of the sowing device on uniformity of seeding the melkosemennykh of oil-bearing crops / V. N. Kuvaytsev, N. P. Laryushin, S. P. Bald//Education, science, practice: innovative aspect: сб. mat fishing междунар. научн. практ. конф., devoted to the Day of Russian Science. – Penza: RIO PGSH, 2015. – S.12-14.

4. Kuvaytsev, V. N. Problema of crops olive melkosemennykh of cultures / V. N. Kuvaytsev, N. P. Laryushin, S. P. Bald, etc.//Scientific information support of innovative development of agrarian and industrial complex: materials VII междунар. науч. - практ. конф. – M.: FGBNU "Rosinformagrotekh", 2014. – S. 466-470.

5. Letoshnev, M. N. Farm vehicles. Theory, calculation, design and test / M. N. Letoshnev. – M.: Gosselkhozizdat, 1955. – 764 s.

6. Klenin, N. I. Farm and meliorative vehicles / N. I. Klenin, V. A. Sakun. – M.: Ear, 1994. – 751 s.

7. Laryushin, N. P. Theoretical justification of parameters of a cell of the bobbin sowing device in the form of a washer with a crenulate profile / N. P. Laryushin, I. V. Bychkov, A. V. Shukov//New technologies and technical means in agrarian and industrial complex: сб. mat fishing междунар. конф., devoted to the 105 anniversary since the birth of professor Krasnikov. – Penza: RIO PGSH, 2013. – S.14-16.

8. Modern sowing cars / N. P. Laryushin – Penza: RIO PGSH, 2007. – 100 s.

9. Dobronravov, N. N. Kurs of theoretical mechanics / N. N. Dobronravov, V. V. Nikitin. – M.: The higher school, 1983. – 457 s.

УДК 631.303

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВРЫЧАЖНО-КУЛАЧКОВОГО ВАРИАТОРА ПРИВОДА ВЫСЕВАЮЩИХ АППАРАТОВ СЕЯЛКИ

Кувайцев Виктор Николаевич,
кандидат технических наук, доцент кафедры «Механизация технологических процессов в АПК»ФГБОУ ВО Пензенская ГСХАE-mail: sha_penza@mail.ru
Ларюшин Николай Петрович,
доктор технических наук, профессор кафедры «Механизация технологических процессов в АПК» ФГБОУ ВО Пензенская ГСХА E-mail: sha_penza@mail.ru
Мамонов Александр Васильевич,
аспирант кафедры «Механизация технологических процессов в АПК» ФГБОУ ВО Пензенская ГСХА E-mail: sha_penza@mail.ru
Шуков Александр Васильевич
кандидат технических наук, доцент кафедры «Основы конструирования механизмов и машин» ФГБОУ ВО Пензенская ГСХА E-mail: sha_penza@mail.ru

Реферат. *Исследован процесс работы рычажно-кулачкового вариатора. Проведен теоретический анализ процесса движения механизмов рычажно-кулачкового вариатора на примере шарнирного четырехзвенника. Приведены описание конструкции рычажно-кулачкового вариатора, теоретические исследования его функционирования. Получены аналитические зависимости для определения оптимальных значений его работы. Установлена зависимость между углами поворотов звеньев шарнирного четырехзвенника при известных величинах его сторон, определены угловая скорость и ускорение выходного звена. Показано, что угол поворота выходного звена дает возможность определить профиль и угол поворота двухзвенного кулачка. Получено векторное уравнение замкнутости контура четырехзвенника для определения скоростей и ускорений звеньев механизма шарнирного четырехзвенника. После дифференцирования уравнения по обобщенной координате получены аналоги угловых скоростей звеньев четырехзвенника, которые называют так же передаточным отношением, так как они равны отношениям угловых скоростей звеньев четырехзвенника к угловой скорости ведущего звена. Теоретическими исследованиями установлена важнейшая кинематическая характеристика рычажно-кулачкового вариатора - угловое ускорение звена четырехзвенника. Показано, что используя значение угла поворота выходного звена можно определить профиль и угол поворота двухзвенного кулачка.*

Установлено, что при соблюдении данных режимных параметров улучшается процесс высева семян мелкосеменных масличных культур, равномерность распределения семян в рядке, что сказывается на повышении урожайности.

Ключевые слова: *привод, семена, теоретические исследования, плоско-шарнирный механизм, рычажно-кулачковый вариатор.*

THEORETICAL RESEARCHES OF PARAMETERS OF THE LEVER AND CAM VARIATOR OF THE DRIVE OF THE SOWING SEEDER DEVICES

Kuvaytsev Victor,
candidate of technical Sciences, associate professor "Mechanization of technological processes in agrarian and industrial complex" FGBOOU WAUGH Penza GSHA E-mail: sha_penza@mail.ru
Laryushin Nikolay,
doctor of engineering, professor of "Mechanization of Technological Processes in Agrarian and Industrial Complex" department FGBOOU WAUGH Penza GSHA E-mail: sha_penza@mail.ru
Mamonov Alexander,
graduate student of "Mechanization of Technological Processes in Agrarian and Industrial Complex" department FGBOOU WAUGH Penza GSHA E-mail: sha_penza@mail.ru

Shukov Alexander
candidate of technical Sciences, associate professor of "Basis of designing of mechanisms and cars" FGBOOU WAUGH Penza GSHA E-mail: sha_penza@mail.ru

Abstract. *The process of working lever-camming variator is investigated. Theoretical analysis of the process of movement of lever-camming mechanisms of the variator as an example four-link hinge is performed. Design description lever-camming variator, the theoretical study of its functioning are given. Analytical dependence for determining the optimum values of his work obtained. The relationship between the angles of turns links of four-link hinge with known values of its sides are set, angular velocity and acceleration of the output link are defined. It is shown that the rotation angle of the output link allows to define the profile and rotation angle of two-link. Vector closure equation for the four-link circuit for determining the velocity and acceleration of links of mechanism of the hinge four-link is received. Analogs of angular velocities of links for four-link, which are called the same the transmission ratio, as they are equal the relations of angular velocities of links for four-link to the angular velocity of the driving member, obtained after differentiation of equation with respect to the generalized coordinate. The most important characteristic of the kinematic lever-camming variator - angular acceleration of the four-link link – is established in theoretical research. It has been shown that it is possible to determine the profile and the angle of rotation of two- link using the value of rotation angle for the output level. It was found that the process of seeding of seeds of small-seeded oilseed crops, uniformity of distribution of seeds in a row are improved in compliance with these regime o parameters, which affects an increase of yields.*

Keywords: *drive, seeds, theoretical researches, flat- hinge mechanism, lever-camming variator*

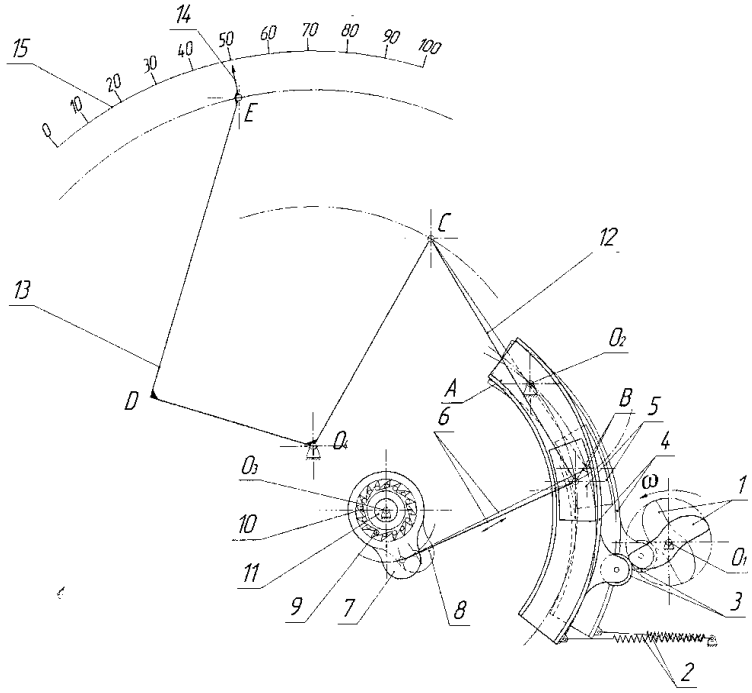
Введение. Применение вариаторов привода высевающих аппаратов позволяет обеспечить плавную бесступенчатую регулировку нормы высева семян сеялкой, что является одним из эффективных способов повышения качества посева мелкосеменных масличных культур, за счет улучшения распределения семян по площади рассева.

При установке рычажно-кулачкового вариатора, в качестве привода машин и механизмов стало возможно воспроизведение практически любого закона движения выходного вала. При этом плавно регулируется частота вращения выходного вала вариатора, повысилась равномерность вращения выходного вала вариатора, уменьшились вибрации механизмов вариатора, упростилась кинематика привода машин и механизмов при использовании данным вариатором вследствие малого количества деталей (кулачок и ролик), высокая надежность, а также простота в изготовлении [1].

Это достигается за счет применения рычажно-кулачкового вариатора, содержащего ведущее звено и выходное звено, являющееся выходным валом, обгонные муфты, рычаг с ползуном. Ведущее звено выполнено в виде двухзвенного кулачка, вращающегося вокруг неподвижной оси, при этом на свободном конце рычага с ползуном установлен ролик обкатывающий профиль двухзвенного кулачка. На вариаторе установлено дополнительное ведущее звено выполненное в виде двухзвенного кулачка вращающегося вокруг неподвижной оси, а также установлен дополнительный рычаг с ползуном, при этом на свободном конце дополнительного рычага с ползуном установлен ролик обкатывающий профиль двухзвенного кулачка дополнительного ведущего звена. Ведущие звенья вариатора, выполненные в виде двухзвенных кулачков, установлены с относительным фазовым сдвигом на 90° вокруг неподвижной оси их вращения. Точки крепления двух тяг, соединяющих ползуны рычагов с двумя обоймами обгонных муфт, расположены ниже оси выходного вала. Для обеспечения силового замыкания двухзвенных кулачков и роликов установлены пружины[2].Цель исследования- поиск оптимальных кинематических параметров работы рычажно-кулачкового вариатора.

Материалы и методы. Исследованы аналитические зависимости работы рычажно-кулачкового вариатора.

Результаты и обсуждение. Разработанный рычажно-кулачковый вариатор (заявка на патент № 2015111593/11018053)) (Рисунок 1) состоит из двух двухзвенных кулачков 1, вращающихся на неподвижной оси O_1.



1 – двухзвенный кулачок; 2 – пружина; 3 –ролик; 4 –рычаг; 5 –ползун; 6 –тяга; 7, 8 – обоймы; 9,10 – обгонные муфты; 11 –выходной вал; 12 – тяга; 13 –регулятор; 14 – стрелка-указатель; 15 – шкала

Рисунок 1 – Схема рычажно-кулачкового вариатора

Возвратные пружины*2*осуществляют силовое замыкание двухзвенных кулачков *1* и роликов *3,*установленных на свободных концах рычагов *4,* при этом противоположные концы рычагов *4* смонтированы на неподвижной оси O_2.Внутри круговой прорез и *A* рычагов *4* установлены ползуны 5, при этом центры *B* ползунов 5, соединены с обоймами 7 и *8* тягами 6, при этом внутри обойм 7 и *8* установлены обгонные муфты *9* и *10,* при этом обгонные муфты *9 и 10*смонтированы на выходном валу *11,* при этом тяги *6* расположены ниже оси выходного вала *11,* при этом ползуны *5* рычагов *4* соединены тягами *12* с регулятором *13,* состоящим из неподвижно соединенных звеньев $C0_4$, 0_4 *D, DE,* при этом на конце звена *DE* установлена стрелка-указатель *14,* при этом регулятор *13* смонтирован на неподвижной оси 0_4, а выше стрелки-указателя *14* нанесена шкала *15.* Рычажно-кулачковый вариатор работает следующим образом. Вращение двухзвенных кулачков 1 через ролики 3 преобразуется в качательное движение рычагов 4, которое передается тягами 6 на обоймы 7 и 8, сообщая им так же качательные движения. Посредством обгонных муфт *9* и *10,*качательное движение обойм 7 и *8,* преобразуется в непрерывное вращательное движение выходного вала *11,* при этом силовое замыкание двухзвенных кулачков *1* и роликов *3* осуществляется пружинами *2.* Бесступенчатое регулирование передаточного отношения вариатора осуществляется в соответствии с заданным режимом работы механизма, изменением величины плеча 0_2B колебания рычагов *4* относительно неподвижной оси 0_2, при перемещении ползуна 5 в круговой прорези *A* рычага *4*за счет воздействия регулятора *13* на тягу *12.* При совмещении центра *B* ползуна *5* и неподвижной оси 0_2 плечо 0_2B равно нулю, при этом тяги *6*не получают колебаний от рычага *4,* а обоймы 7 и *8* остаются неподвижными, выходной вал *11*также остается неподвижен, при этом вариатор выключен. Выходной вал *11* блокируется от обратного хода, так как в этом режиме обоймы 7 и *8* заперты муфтами обратного хода. Бесступенчатое регулирование передаточного отношения вариатора и выключение вариатора осуществляется как при включенном, так и при выключенном положении ведущего звена. Положение оси

*0_4*определяется конструктивными соображениями и кинематическими возможностями данной схемы. Установка ведущих звеньев, выполненных в виде двух двухзвенных кулачков, дополнительного рычага с ползуном, роликов на свободных концах рычагов с ползунами, пружины обеспечивающей силовое замыкание двухзвенных кулачков и роликов, и смещение точек крепления двух тяг, соединяющих обоймы обгонных муфт и ползунов, ниже оси выходного вала, дала возможность повысить равномерность вращения выходного вала, производительность вариатора и надежность механизма в целом. Это привело к воспроизведению практически любого закона движения выходного вала при плавном регулировании частоты вращения выходного вала вариатора, при этом конструкция вариатора стала проще в изготовлении. Регулятор, соединенный с ползунами, позволил мгновенно, с минимальным усилием, изменять настройку оптимального режима работы вариатора в приводах трансмиссий транспортных, грузоподъемных и прочих машин и механизмов, например, привода высевающих аппаратов сеялок[3].

Так как данный рычажно-кулачкового вариатор для привода высевающих аппаратов сеялок применен впервые, то задачей теоретических исследований явилось изучение технологического процесса работы плоско-шарнирного звеньевого механизма[4].

Рассмотрение теоретического исследования механизма приведем на примере шарнирного четырехзвенника (Рисунок 2).Установим зависимость (между углом поворота ψ звена 3 и углом поворота φ звена 1, при известных величинах r, l, b и a.

Опустив из точки *A* перпендикуляр ADна линию *OC,* находим:

$$tg\,\psi' = \frac{\overline{AD}}{\overline{CD}} = \frac{r \cdot \sin\varphi}{a - r \cdot \cos\varphi} \qquad (1)$$

отсюда :

$$\overline{AC} = \sqrt{r^2 + a^2 - 2 \cdot a \cdot r \cos\varphi}$$

С другой стороны, из треугольника ABC следует:

$$l^2 = b^2 + \overline{AC}^2 - 2 \cdot \overline{AC} \cdot b \cos\psi''$$

откуда

$$\cos\psi'' = \frac{b^2 - l^2 + \overline{AC}^2}{2 \cdot b \cdot \overline{AC}}$$

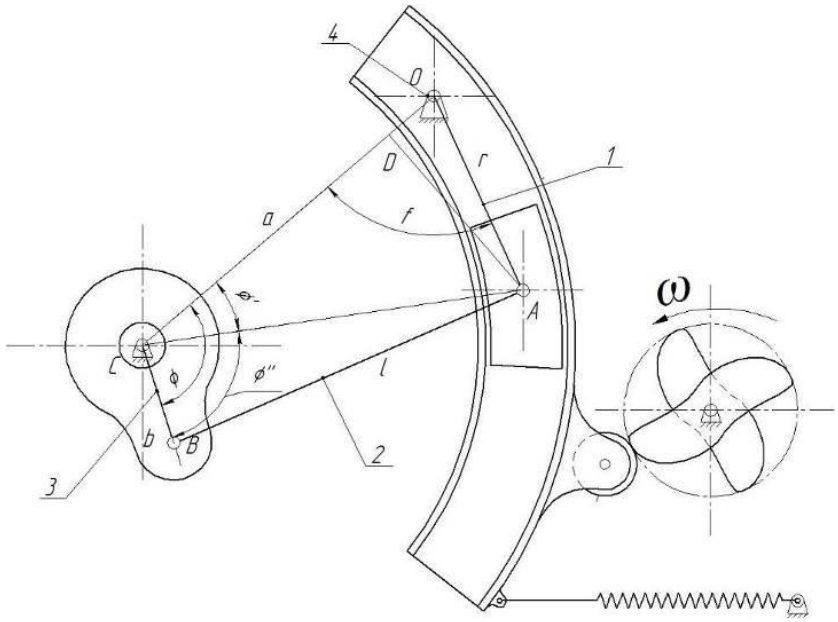


Рисунок 2 – Схема плоского шарнирного звеньевого механизма

После некоторых преобразований получим:

$$\cos\psi'' = \frac{b^2 - l^2 + r^2 + a^2 - 2\cdot a\cdot r\cdot\cos\varphi}{2\cdot b\cdot\sqrt{r^2 + a^2 - 2\cdot a\cdot r\cdot\cos\varphi}} \qquad (2)$$

Искомый угол поворота звена 3 $\psi = \psi' + \psi''$ можно, с учетом выражений (1) и (2), представить в виде:

$$\psi = arctg\left[\frac{r\cdot\sin\varphi}{(a - r\cos\varphi)}\right] + \arccos\left[\frac{b^2 - l^2 + r^2 + a^2 - 2a\cdot r\cdot\cos\varphi}{2b\sqrt{r^2 + a^2 - 2a\cdot r\cdot\cos\varphi}}\right] \qquad (3)$$

Дифференцируя выражение 3 по времени, найдем угловую скорость звена 3:

$$\omega_3 = \frac{d\psi}{dt} = \frac{r\cdot\omega_1}{r^2 + a^2 - 2a\cdot r\cdot\cos\varphi}\cdot$$

$$\cdot\left[a\cdot\cos\varphi - r - \frac{a\sin\varphi\left(l^2 - b^2 + r^2 + a^2 - 2a\cdot r\cdot\cos\varphi\right)}{\sqrt{4\cdot b^2\cdot l^2 - \left(r^2 + a^2 - 2a\cdot r\cdot\cos\varphi - b^2 - l^2\right)^2}}\right] \qquad (4)$$

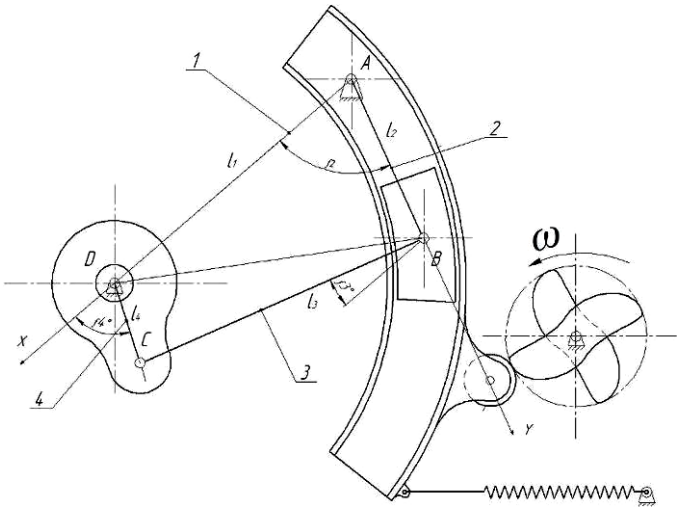


Рисунок 3 - Схема к определению скоростей и ускорений механизма шарнирного четырехзвенника

После дифференцирования выражения 4, можно найти угловое ускорение звена 3. Зная зависимость угла ψ выражение 3, поворота звена 3 выходного вала 11 (Рисунок 1), можно определить профиль и угол поворота двухзвенного кулачка [5].

Для определения скоростей и ускорений звеньев механизма шарнирного четырехзвенника (Рисунок 3) составляем, векторное уравнение замкнутости контура *ABCD*. Имеем

$$l_1 + l_2 + l_3 = l_4 \qquad (5)$$

Проектируя это уравнение на оси *Ax* и *Ay,* получаем

$$\begin{cases} -l_1 + l_2\cos\varphi_2 + l_3\cos\varphi_3 = l_4\cos\varphi_4 \\ l_2\sin\varphi_2 + l_3\sin\varphi_3 = l_4\sin\varphi_4 \end{cases} \qquad (6)$$

где φ_2, φ_3 и φ_4 - углы, образованные осями звеньев *2, 3* и *4* с осью *Ax*.

Для определения аналогов угловых скоростей ω_3 и ω_4 звеньев *3* и *4* дифференцируем уравнения (6) по обобщенной координате φ_2.

Получаем

$$\begin{cases} -l_2 \sin\varphi_2 - l_3 \sin\varphi_3 \dfrac{d\varphi_3}{d\varphi_2} = -l_4 \sin\varphi_4 \dfrac{d\varphi_4}{d\varphi_3} \\ l_2 \cos\varphi_2 + l_3 \cos\varphi_3 \dfrac{d\varphi_3}{d\varphi_2} = l_4 \cos\varphi_4 \dfrac{d\varphi_4}{d\varphi_3} \end{cases} \quad (7)$$

Имея в виду, что $\frac{d\varphi_3}{d\varphi_2} = i_{32}$ есть аналог угловой скорости ω_3 звена 3 и $\frac{d\varphi_4}{d\varphi_3} = i_{42}$ есть аналог угловой скорости ω_4 звена *4* , получаем

$$\begin{cases} l_2 \sin\varphi_2 + i_{32} l_3 \sin\varphi_3 = i_{42} l_4 \sin\varphi_4 \\ l_2 \cos\varphi_2 + i_{32} l_3 \cos\varphi_3 = i_{42} l_4 \cos\varphi_4 \end{cases} \quad (8)$$

Величины i_{32} и i_{42}, входящие в уравнение (8), называются также передаточными отношениями, так как они равны отношениям угловых скоростей ω_3 и ω_4 к угловой скорости ведущего звена[6-9].

Имеем

$$i_{32} = \frac{d\varphi_3}{d\varphi_2} = \frac{\frac{d\varphi_3}{dt}}{\frac{d\varphi_2}{dt}} = \frac{\omega 3}{\omega 2}$$

и

$$i_{42} = \frac{d\varphi_4}{d\varphi_2} = \frac{\frac{d\varphi_4}{dt}}{\frac{d\varphi_2}{dt}} = \frac{\omega 4}{\omega 2}$$

Из углов, входящих в первое уравнение (8), вычитаем общий угол φ_3, что соответствует повороту осей координат *xAy* (рис. 3) на общий угол φ_3. Имеем

$$l_2 \sin(\varphi_2 - \varphi_3) = i_{42} l_4 \sin(\varphi_4 - \varphi_3)$$

откуда получаем выражение для аналога i_{42} угловой скорости ω_4

$$i_{42} = \frac{l_2 \sin(\varphi_2 - \varphi_3)}{l_4 \sin(\varphi_4 - \varphi_3)}$$

После аналогичного преобразования того же уравнения поворотом осей координат на угол φ_4 получаем выражение для аналога i_{32} угловой скорости ω_3.

Выводы. Теоретическими исследованиями установлены важнейшие кинематические характеристики рычажно-кулачкового вариатора, при соблюдении которых улучшается процесс высева семян мелкосеменных масличных культур, а следовательно и равномерность распределения семян в рядке, что сказывается на повышении урожайности.

Список литературы

1. Ларюшин, Н.П. Посевные машины. Теория, конструкция, расчет / Н. П. Ларюшин, А. В. Мачнев, В. В. Шумаев и др.– М.: Росинформагротех, 2010. – 292 с., ил.

2. Ларюшин, Н.П. Расчёт конструктивных параметров рычажного вариатора привода высевающих аппаратов сеялки-культиватора ССВ-3,5/ Н.П. Ларюшин, А.В. Антонов // Нива Поволжья. – 2011. – №2. – С.56-60.

3. Ларюшин, Н.П. Теоретические и экспериментальные исследования процесса посева семян зерновых культур сеялкой-культиватором: монография /Н. П. Ларюшин, А. В. Шуков, А.А. Антонов.– Пенза: РИО ПГСХА, 2011. – С. 90

4. Ларюшин, Н.П. Результаты исследований сеялки – культиватора ССВ-3,5 с рычажным

вариатором привода высевающих аппаратов / Н.П. Ларюшин, А.В. Антонов // Фундаментальные исследования. – 2011. – №12. (часть 1). – С. 140-142.

5. Ларюшин, Н.П. Конструкция рычажного вариатора для привода высевающих аппаратов сеялки-культиватора ССВ-3,5 / Н.П. Ларюшин, А.В. Антонов // Нива Поволжья. – 2011. – №4. – С. 44-48.

6. Патент РФ № 2467227, МПК F16H 37/14 (2006.01) Рычажный вариатор / Н.П. Ларюшин, С.А. Сущев, В.В. Лапин, А.В. Антонов.– опубл. 20.11.2012. Бюл. № 32.

7. Ларюшин, Н.П. Теоретические и экспериментальные исследования новых рабочих органов сеялки. Теория, конструкция, расчет: монография / Н.П. Ларюшин, В.Н. Кувайцев, А.В. Шуков, В.В. Шумаев. – Пенза: РИО ПГСХА, 2013.- 184 с.

8. Ларюшин, Н.П. Теоретические и экспериментальные исследоания процесса посева семян зерновых культур сеялкой-культиватором с разработкой и применением вариатора привода высевающих аппаратов. Теория, Конструкция, расчет: монография / Н.П. Ларюшин, А.В. Шуков, А.В. Антонов.– Пенза: РИО ПГСХА, 2012.-98 с.

9. Добронравов, Н. Н. Курс теоретической механики / Н. Н. Добронравов, В. В. Никитин. – М.: Высшая школа, 1983. – 457 с.

References

1. Laryushin, N. P. Sowing cars. The theory, a design, calculation / N. P. Laryushin, A. V. Machnev, V. V. Shumayev, etc. – M.: Rosinformagrotekh, 2010. – 292 s, silt.

2. Laryushin, N. P. Calculation of design data of a lever variator of the drive of the sowing CCB-3,5 seeder cultivator devices / N. P. Laryushin, A.V. Antonov//the Field of the Volga region. – 2011. – No. 2. – S. 56-60.

3. Laryushin, N. P. Theoretical and pilot studies of process of crops of seeds of grain crops seeder cultivator: monograph / N. P. Laryushin, A. V. Shukov, A.A. Antonov. – Penza: RIO PGSH, 2011. – S. 90.

4. Laryushin, N. P. Results of researches of a seeder – CCB-3,5 cultivator with a lever variator of the drive of the sowing devices / N. P. Laryushin, A.V. Antonov//Basic researches. – 2011. – No. 12. (part 1). – S. 140-142.

5. Laryushin, N. P. Konstruktion of a lever variator for the drive of the sowing CCB-3,5 seeder cultivator devices / N. P. Laryushin, A.V. Antonov//the Field of the Volga region. – 2011. – No. 4. – S. 44-48.

6. Russian Federation patent No. 2467227, MPK F16H 37/14 (2006.01) Lever variator / N. P. Laryushin, S. A. Sushchev, V. V. Lapin, A.V. Antonov. – опубл. 11/20/2012. Bulletin No. 32.

7. Laryushin, N. P. Theoretical and pilot studies of new working bodies of a seeder. Theory, design, calculation: monograph / N. P. Laryushin, V. N. Kuvaytsev, A.V. Shukov, V. V. Shumayev. – Penza: RIO PGSH, 2013. - 184 s.

8. Laryushin, N. P. Theoretical and experimental issledoaniye of process of crops of seeds of grain crops a seeder cultivator with development and application of a variator of the drive of the sowing devices. Theory, Design, calculation: monograph / N. P. Laryushin, A.V. Shukov, A.V. Antonov. – Penza: RIO PGSH, 2012.-98 s.

9. Dobronravov, N. N. Kurs of theoretical mechanics / N. N. Dobronra-vov, V. V. Nikitin. – M.: The higher school, 1983. – 457 s.

УДК 633.63:632.934

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СОВМЕЩЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ И ХИМИЧЕСКИХ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ПОСЕВОВ СВЕКЛЫ

Омаров Акылбек Нурлыбекович,
магистр сельскохозяйственных наук, Западно - Казахстанский
аграрно - технический университет им. Жангир хана, 090009, ЗКО г. Уральск,
e-mail:Akylbek-kaz@mail.ru

Реферат. *Известно, что для получения высоких урожаев корнеплодов, нужно внедрять прогрессивные технологии, основанные на использовании комбинированных агрегатов для обработки почвы, совместном применении химических методов борьбы с сорняками и болезнями с механической обработкой почвы. Изучены процессы совмещения механических и химических способов обработки посевов свеклы в полевых условиях. Разработан многофункциональный комбинированный агрегат, позволяющий проводить локальное внесение гербицидов, микроудобрений и росторегулирующих препаратов одновременно с проведением механических междурядных обработок. Изготовлен опытный образец культиватора - опрыскивателя с установленными на специальных дугах - аппликаторах распылителями таким образом, что можно растворы подавать сверху и с боков как отдельно через каждый распылитель, так и совместно. Тип почвы на опытном участке - чернозем, обрабатываемая культура – сахарная свекла. Посевы обрабатывали в сухую безветренную погоду при температуре воздуха 12…17 ^{0}С и скорость ветра при опрыскивании не более 2 м/с. Дозы, рекомендуемые для обработки посевов гербицидами, – 100...200 л/га, другими ядохимикатами – 75...300 л/га. Рабочее давление для щелевых распылителей (2-3 атм.). Отмечено, что, по сравнению со сплошным опрыскиванием за один проход агрегата выполняются две технологические операции. Показано, что, благодаря своевременной междурядной обработке почвы культиватором с одновременным локальным внесением комплексных удобрений и гербицидов производится эффективная борьба с сорняками и вредителями. что приводит к повышению урожайности сахарной свёклы, с одновременным снижением затрат.*

Ключевые слова: *распылители, угла факела распыла***,** *локальное внесение, устройство аппликатор.*

STUDY OF COMBINATION PROCESS OF MECHANICAL AND CHEMICAL METHODS FOR TREATMENT OF BEET CROPS

Omarov Akylbek Nurlybekovich,
master of agricultural Science, Zhangir khan West Kazakhstan
agrarian-tehnical University, 090009, WKP city. Uralsk,
e-mail: Akylbek-kaz@mail.ru

Abstract. *It is known that for receipt of big crops of root crops, it is necessary to implement the progressive technologies based on use of the combined aggregates for handling of the soil, combined use of chemical methods of fight against weeds and diseases with machining of the soil. Processes of combination of mechanical and chemical methods of handling of crops of beet in field conditions are studied. The multipurpose combined aggregate allowing to carry out local introduction of herbicides, microfertilizers and growth-regulating preparations along with carrying out mechanical interrow handlings is developed. The cultivator prototype - a sprayer with established on special arches - applicators sprays in such a way that it is possible to give solutions from above and from sides both separately through each spray, and jointly is made [5]. Soil type on a pilot site isthe chernozem, the processed culture issugar beet. Crops processed in dry windless weather in case of air temperature 12 … 17 0C and the speed of wind when spraying no more than 2 m/s. The doses recommended for handling of crops by herbicides – 100... 200 l/hectare, other toxic chemicals – 75... 300 l /hectare. Working pressure for slot-hole sprays (2-3 atm.). It is noted that, in comparison with continuous spraying for one pass of the aggregate two technological transactions are carried out. It is shown that, thanks to timely interrow handling of the soil the cultivator with simultaneous local introduction of complex fertilizers and herbicides makes effective fight against weeds and wreckers. what leads to increase of productivity of sugar beet, with simultaneous cost reduction.*

Keywords: *sprays, torch spray angle, local introduction, applicator.*

Введение. При обработке посевов пропашных культур фунгицидами и жидкими минеральными подкормками через листовую поверхность значительная часть препаратов нерационально теряется, так как соотношение проекции площади листовой поверхности растений на обрабатываемую поверхность к общей обрабатываемой площади, особенно в ранние фазы развития, незначительно. С целью экономии расхода пестицидов и снижения влияния их на растения свеклы был сконструирован специальный агрегат [1,2].

Для исследований совмещения механических и химических способов обработки посевов свеклы в полевых условиях был изготовлен опытный образец культиватора - опрыскивателя с установленными на специальных дугах распылителями таким образом, что можно растворы подавать сверху и с боков как отдельно через каждый распылитель, так и совместно (рисунок 1). Оборудование позволяло одновременно внесения жидкие удобрения, гербициды и рыхлить междурядья посевов сахарный свеклы агрегате использовался пропашной трактор тягового класса 1,4- 2,0 в соответствии с принятыми методиками [3, 4].

Рисунок 1 – Комбинированный агрегат для обработки посевов свеклы.

Материалы и методы. Для проведения исследований в полевых условиях был выбран участок таким образом, чтобы на нем можно было провести весь заложенный программой исследований объем работ. Тип почвы на опытном участке - чернозем, растительный покров – сахарный свекла. Посевы обрабатывали в сухую безветренную погоду при температуре воздуха 12…17 ^{0}С и скорость ветра при опрыскивании не более 2 м/с.

Распылители предназначены для обработки растений различными препаратами. В фазе первой-второй пары настоящих листьев пропашным культиватором проводят первую междурядную обработку на глубину 5 см с одновременным опрыскиванием листовой поверхности комплексными удобрениями. Во второй и третьей фазе развития одновременно с междурядными обработками можно проводить обработку гербицидами, инсектицидами, фунгицидами. Сроки обработки и их количество проводили в зависимости от степени засоренности посевов: от трех до пяти химических обработок и столько же междурядных. Фазу развития растения выбирали в зависимости от цели исследований и агротехнических требований по применению конкретных жидких удобрений и гербицидов [6].

Дозы, рекомендуемые для обработки посевов гербицидами, – 100...200 л/га, другими ядохимикатами – 75...300 л/га. Использовалось рабочее давление для щелевых распылители (3 атм.) Для подбора типоразмера распылителей определялся минутный расход (л/мин).

Для этого включался насос и устанавливалось рабочее давление по манометру. Через 1

мин, когда подача жидкости к распылителям устанавливалось, секундомером замеряли время (t_i) наполнения тарированной емкости объемом 1 л каждым распылителем. Данные заносились в таблицу. Настройку оборудования для внесения жидких удобрений технического средства на заданный расход жидкости q, л/мин, вычисляли по формуле:

$$q = \frac{Q_з B v_р}{600}, \quad (1)$$

где $Q_з$ – заданный расход жидкости, л/га; B – рабочая ширина захвата, м.

При ленточном опрыскивании пропашных культур норму расхода гербицидов $q_л$, л/мин, вычисляли по формуле:

$$q_л = Q_г \frac{b_л}{b_м}, \quad (2)$$

где $Q_г$ – заданный расход гербицида при сплошном опрыскивании посевов; $b_л$ – ширина ленты, см; $b_м$ – ширина междурядья, см.

Фактический расход рабочей жидкости $Q_ф$, л/га, для внесения жидких удобрений и гербицидов определяли при пробной обработке путем выработки полной или части емкости технического средства. По объему вылитой жидкости и обработанной площади определяли фактический расход на гектар и при необходимости корректировали режим работы. Отклонение фактического расхода рабочей жидкости от заданного $Q_ж$, %, вычисляют по формуле:

$$Q_ж = 10^2 \frac{Q_ф - Q_з}{Q_з}, \quad (3)$$

где $Q_ф$ – фактический расход жидкости, л/га.

Фактическую концентрацию приготовленных жидкостей в емкостях технического средства проверяли на суспензиях смачивающихся порошков и эмульсиях гербицидов с соблюдением всех требований безопасности при проведении исследований и применении гербицидов по ГОСТ 12.3.041. Качество поддержания исходной концентрации жидкости перемешивающим устройством определяли на наименее стойкой рабочей жидкости из применяемых в зоне на двух значениях норм вылива рабочей жидкости (минимальном и максимальном). Отбирали 10 проб в трехкратной повторности непосредственно в колбы вместимостью от 0,25 до 0,50 дм^3, предварительно пронумерованные и взвешенные с погрешностью ±0,05 г. Фактическую концентрацию рабочей жидкости K, %, вычисляли по формуле:

$$K = 10^2 \frac{M}{M_В + M}, \quad (4)$$

где M – масса препарата, г; $M_В$ – масса воды, г.

Разность между фактической и заданной концентрациями жидкости в емкостях технического средства является отклонением от заданной, которое не должно превышать 5%.

На опрыскивателе должны быть распылители, которые имеют отклонения расхода не более ± 5% от среднеарифметического значения. Если отклонения минутного расхода от среднеарифметического значения превышают ± 5% для конкретного распылителя, то его заменяли [7].

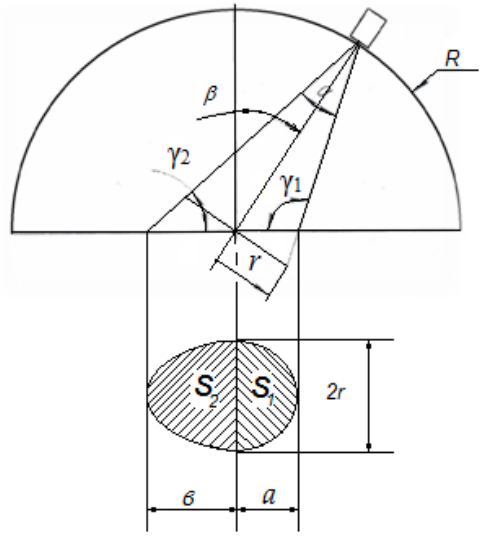
Качество факела проверяли визуально: его границы должны быть четко обозначены; факелы распыла не должны иметь видимых или ярко выраженных отдельных струй жидкости. Распылители, не отвечающие этим требованиям, выбраковывали. Величину угла факела распыла, выраженную в градусах, и симметричность факела относительно оси выходного отверстия определяли с помощью линейки. От нулевой точки отсчета линейки вправо и влево определяли расстояния l_1 и l_2 до видимых границ факела распыла. Затем по значениям l и

S определяют величины углов S_1 и S_2 (полуфакелы распыла). Сумма углов S_1 и S_2 – полный угол факела распыла. Сравнивая значения S_1 и S_2, делали вывод о симметричности факела. Угол факела для плоскофакельных распылителей должен быть в пределах от 20^0 до 120^0 в зависимости от типоразмера распылителя. Распылители с разностью углов более 10^0 выбраковывали.

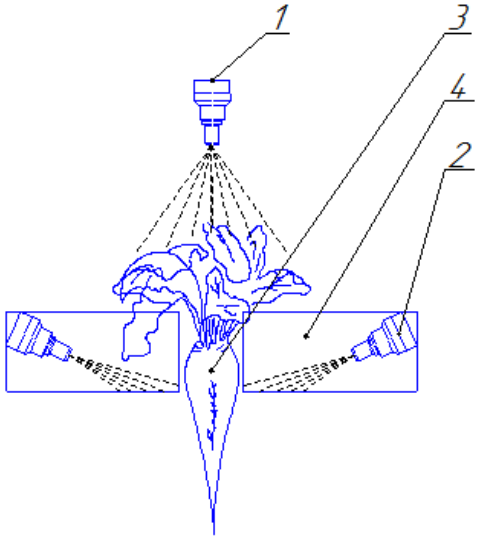
Верхние распылители устанавливали так, чтобы факелы распыла обрабатывали локально только листовую поверхность и гербициды - в интервале между растениями в рядке в пределах защитной зоны. Первоначальную настройку высоты форсунки проводили над поверхностью, на которой четко видны следы падения факела распыла. С увеличением высоты обрабатываемых растений, соответственно увеличивали и высоту установки форсунки.

Таким образом, вначале настраивали опрыскиватель на заданную норму расхода рабочего раствора, затем устанавливали расчетное давление в магистрали, соответствующее минутному расходу выбранного типоразмера распылителей. Производили замеры фактической величины минутного расхода через распылители, определяли его среднее значение и отклонение от расчетного. Если получившееся отклонение превышало ±5%, то производили корректировку давления в напорной линии опрыскивателя. Корректировка проводилась до тех пор, пока значение установленного среднего минутного расхода не совпадало с расчетным или отличалось от него не более, чем на ± 5%.

Качество обработки посевов свеклы во многом зависит от установки и регулировки распылителей. В первую очередь это относится к высоте расположения распылителя над обрабатываемой поверхностью, отклонению оси распыливание от вертикали и формой факела распыливания (круговая или щелевая). Схема для расчета параметров установки распылители показана на рисунке 2.



а)



в)

а) α - угол распыливания, β-угол установки распылителя, R- расстояния от распылителя до обрабатываемой поверхности, S_1 и S_2 - составляющие общей площади распыливания, в) 1 - верхний распылитель; 2- боковые распылители 3- вегетирующее растение; 4- стеблеподъемник - щиток защитный;

Рисунок- 2. Схема по определению параметров установки распылителей.

Площадь распыливания с достаточной точностью определяли по формуле:

$$S = S_1 + S_2 = \frac{\pi r a}{2} + \frac{\pi r б}{2} = \frac{\pi r}{2}(a + б) \quad (5)$$

После подстановки значений параметров получим функцию трех переменных

$$S(\alpha, \beta, R) = \frac{\pi R^2 \left(\sin\frac{\alpha}{2}\right)^2}{2\cos\frac{\alpha}{2}} * \left(\frac{1}{\cos\left(\beta - \frac{\alpha}{2}\right)} + \frac{1}{\cos\left(\beta + \frac{\alpha}{2}\right)}\right) \quad (6)$$

Величину исследуемых параметров принимали в следующих пределах: $\alpha = 0 \ldots 75°$ - угол распыливания; $\beta = 0 \ldots 45°$ - угол наклона оси центра факела от вертикали; $R = 15 \ldots 55 см$ - расстояние от распылителя до поверхности распыливания;

В общем виде площадь распыливаемой поверхности определится в виде трехмерного графика, приведенного на рисунке 3. Используя зависимость, и построенный график можно определить наилучшие параметры установки распылителей [7].

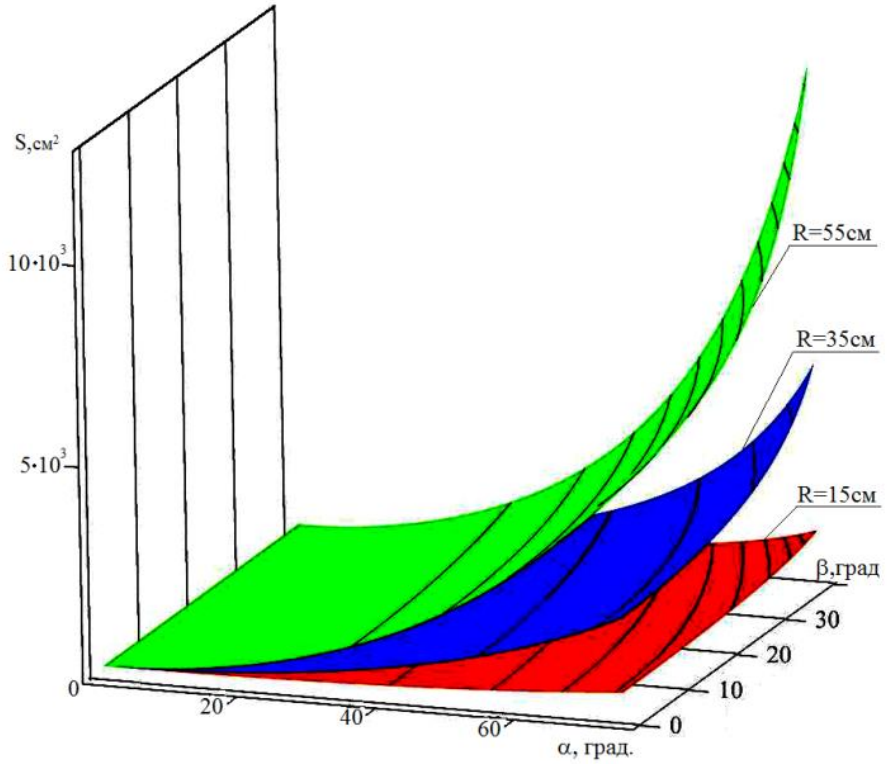


Рисунок 3. Зависимость площади распыливания от угла распыливания α, угла наклона распылителя β и расстояния от распыливаемой поверхности R

Заключение. Таким образом можно отметить, что при обработке сахарной свеклы целесообразно совмещать техническую обработку с внекорневой подкормкой и внесением росторегулирующих препаратов. На качество проводимых исследований влияют тип применяемых распылителя, показатели их установки и режимы работы. Выполнения указанных требований приводит к тому, что площадь обрабатываемой гербицидами и препаратами поверхности уменьшается до 30-35% от суммарной площади междурядий. Соответственно, количество внесенного рабочего раствора в 2-2,5 раза будет меньше по сравнению со сплошным внесением. Экономятся средства на снижении расхода препарата, а также на транспортировку воды, приготовление рабочего раствора будет меньшие затраты времени на заправку агрегатов рабочим раствором. Благодаря своевременной междурядной обработке почвы культиватором с одновременным локальным внесением комплексных удобрений и гербицидов производится эффективная борьба с сорняками и вредителями что позволит, достигнуть значительного повышения урожайности сахарной свёклы, с одновременном снижением затрат.

Список литературы

1. Нанаенко, А.К. Сочетание обработок в междурядьях и защитных зонах /А.К. Нанаенко, П.Н. Ренгач, А.И. Лоскутов // Сахарная свекла. 2006. №4. С.14-16.

2. Бухтояров, Д.Н. Технологический регламент борьбы с сорняками в посевах сахарной свеклы агротехническими и химическими средствами / Д.Н. Бухтояров, И.М. Ни-

кульников, Л.С. Пузиков.- Резервы увеличения производства сахарной свеклы и сахара. - Воронеж. 1990. С. 119-130.

3. Омаров А.Н. Блочно – модульный агрегат для возделывания пропашных культур / А.И. Завражнов, А.В. Балашов, Ж.Ж. Зайнушев, А.Н. Омаров, А.И. Завражнов, С.В. Соловьёв // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2015. №2. С. 163-170.

4. Омаров, А.Н. Совершенствование технологий и технических средств опрыскивания растений / Ю.А. Тырнов, С.П. Стрыгин, А.Н. Омаров, // «Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции-новые технологи и техника нового покаления для растиневодства и животновдства», Сборник научных докладов XVII международной научно-практической конференции, 24-25 сентября.- г. Тамбов. 2013. С. 137-140.

5. Патент №2542124 Российская Федерация, МПК A01B 79/02 Способ для внесения листовых удобрений и гербицидов / В.И. Горшенин, Ю.А. Тырнов, А.В. Балашов, А.Н. Омаров, А.Г. Абросимов, И.А. Дробышев, С.В. Соловьев, Н.В. Папихина, А.В. Алехин; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Мичуринский государственный аграрный университет» – №2013111175/13, заяв.12.03.2013; опубл. 20.02. 2015, Бюл. №5. – 8 с.: ил.

6. Воробьев В.И., Чижик Н.М., Орловский И.Ф. Определение кинематических характеристик и технико-экономических показателей машинно-тракторных агрегатов /Методические указания к лабораторно-полевым работам. – Горки,1989. – 26 с.

7. Омаров А.Н., Результаты исследования распылительных форсунок при обработки пропашных культур / А.И. Завражнов, С.В. Соловьёв, , А.В. Балашов А.Н. Омаров // «Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции-новые технологи и техника нового поколения для растениеводства и животноводства», Сборник научных докладов XVIII международной научно-практической конференции, 23-24 сентября- г. Тамбов. 2015. С.61-63.

8.

References

1. Nanayenko, A.K. Sochetaniye of processings in row-spacings and protective zones / A.K. Nanayenko, P. N. Rengach, A.I. Loskutov//Sugar beet. 2006. No. 4. Page 14-16.

2. Bukhtoyarov, D. N. Production schedules of fight against weeds in crops of sugar beet agrotechnical and chemical means / D. N. Bukhtoyarov, I.M. Nikulnikov, L.S. Puzikov. - Reserves of increase in production of sugar beet and sugar. - Voronezh. 1990. Page 119-130.

3. Omarov, A.N. Blochno's lobsters – the modular unit for cultivation the propashnykh of cultures / A.I. Zavrazhnov, A.V. Balashov, Zh.Zh. Zaynushev, A.N. Omarov, A.I. Zavrazhnov, S. V. Solovyyov//Bulletin of Michurinsk state agricultural university. 2015. No. 2. Page 163-170.

4. Omarov A.N. Improvement of technologies and means of spraying plants / Y.A. Tyrnov, S.P. Strygin, A.N. Omarov, // "Improving the efficiency of resource use in the production of agricultural products, new technologies and equipment for the new party and special rastinevodstva and zhivotnovdstva" Collection of scientific reports XVII International scientific and practical conference, 24-25 sentyabrya.- Tambov. 2013. pp 137-140.

5. Patent number 25422124 Russian Federation IPC A01V 79/02 method for making leaf fertilizers and herbicides / V.I. Gorshenin, Y.A. Tyrnov, A.V. Balashov, A.N. Omarov, A.G. Abrosimov, I.A. Drobyshev, S.V. Solovyov, N.V. Papihina, A.V. Alekhine,: applicant and the patentee VPO "Michurinsk State Agrarian University» - №2013111175 / 13, stated. 12.03.2013; publ. 02.20.2015, Bull. №5. - 8: il..

6. Sparrows V. I., Siskin N.M., Oryol I.F. Definition of kinematic characteristics and technical and economic indicators of machine and tractor units / Methodical instructions to laboratory and field works. – Hills, 1989. – 26 pages.

7. Omarov A.N. Results of the study of spray nozzles at the processing of row crops / A.I. Zavrazhnov, S.V. Solovyov, A.N. Omarov, A.V. Balashov // "Improving the efficiency of resource use in the production of agricultural products, new technologies and a new generation of equipment for crop and livestock", Collection of scientific reports XVIII International scientific-practical conference, 23-24 sentyabrya- Tambov. 2015. S.61-63.

УДК 621.436

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОБЩИХ УДЕЛЬНЫХ ЭНЕРГОЗАТРАТ ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА ПРИ РАБОТЕ НА ДИЗЕЛЬНОМ СМЕСЕВОМ ТОПЛИВЕ

Уханов Александр Петрович,
доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой,
ФГБОУ ВО «Пензенская государственная сельскохозяйственная академия», Пенза, Российская Федерация, E-mail: dspgsha@mail.ru
Година Елена Дмитриевна,
кандидат технических наук, доцент,
ФГБОУ ВПО «Амурский государственный университет», Амурская область, г. Благовещенск, Российская Федерация, E-mail: godina-elena@mail.ru
Уханова Юлия Владимировна
соискатель, ФГБОУ ВО «Пензенская государственная сельскохозяйственная академия», г. Пенза, Российская Федерация, E-mail: dspgsha@mail.ru

Реферат. *Известно, что наиболее доступным видом моторного биотоплива для сельхозтоваропроизводителя является дизельное смесевое топливо (ДСТ), получаемое смешиванием растительного масла и товарного минерального дизельного топлива. В качестве биологического компонента ДСТ использовали растительные масла из семян различных масличных культур (рапса, рыжика, редьки масличной, горчицы, льна масличного, сафлора, сурепицы, сои и др.), которые практически полностью растворяются в минеральном топливе с образованием мелкодисперсной эмульсии. Изучали мощностные, топливно-экономические и экологические показатели тракторного дизеля и энергетические затраты машинно-тракторного агрегата (МТА) в процессе выполнения ими производственных функций. Предложена методика, позволяющая рассчитать общие удельные энергозатраты МТА при работе на ДСТ с учетом влияния не только конструктивных, режимных и других параметров дизеля и трактора, сопротивление почвы, но и теплотворных свойств смесевого топлива, в зависимости от процентного содержания биологического и минерального компонентов. В качестве примера выполнен расчет общих удельных энергозатрат тракторного агрегата (МТЗ-82+ПЛН 3-35) при его работе на различных режимах и соево-минеральном топливе с соотношением биологического и минерального компонентов 25:75, 50:50, 75:25. Результаты расчетов показали, что при работе тракторного агрегата в режиме номинальной частоты вращения коленчатого вала тракторного дизеля общие удельные энергозатраты составляют: на минеральном топливе - 137,5 МДж/га, на смесевом топливе 25:75 – 137,9 МДж/га, 50:50 – 138,3 МДж/га, 75:25 – 138,7 МДж/га.*

Ключевые слова: *дизельное смесевое топливо, соевое масло, машинно-тракторный агрегат, энергозатраты.*

THEORETICAL ESTIMATE OF TOTAL SPECIFIC ENERGY CONSUMPTION OF TRACTOR UNITS AT OPERATION ON DIESEL MIXED FUEL

Ukhanov Alexander Petrovich,
Doctor of Technical Sciences, Professor,
FSBEE HT «Penza State Agricultural Academy»,
Penza, Russian Federation, E-mail: dspgsha@mail.ru
Godina Yelena Dmitrievna,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Amur State University, Amur Region, Blagoveshchensk, Russian Federation, E-mail: godina-elena@mail.ru
Ukhanova Yuliya Vladimirovna,
competitor of scientific degree, FSBEE HT «Penza State Agricultural Academy», Penza, Russian Federation, E-mail: dspgsha@mail.ru

Abstract. *It is known that diesel mixed fuel (DMF) obtained by mixing vegetable oil and commodity mineral diesel fuel is the most accessible type of biofuels for agricultural producers. Vegetable oils from the seeds of various oilseeds (canola, camelina, oilseed radish, mustard, linseed, safflower, colza, soybean, and others.), which is almost completely dissolved in the fossil fuel with the formation of finely dispersed emulsion was used as a biological component of the DST. Cardinality, fuel-economic and ecological indicators of a tractor diesel engine and energy costs machine-tractor unit (MTU) were studied in the course of performance of production functions. The methodology, which allows to calculate the total specific energy consumption of MTU at work on DMF for the effects of not only the design, operating and other parameters of the diesel engine and tractor, soil resistance, and calorific properties of composite propellant, depending on the percentage of biological and mineral components is proposed. For example calculation of total specific energy consumption of the tractor unit (МТЗ-82+ПЛН 3-35) for his work in various modes, and soy- mineral fuel ratio of biological and mineral components of 25:75, 50:50, 75:25 is made. The calculation results showed that when the tractor unit in the mode of the nominal speed of the crankshaft of the tractor diesel common specific energy consumption are: mineral fuel - 137.5 MJ / ha, composite propellant 25:75 - 137.9 MJ / ha, 50: 50 - 138.3 MJ / ha, 75:25 - 138.7 MJ / ha.*

Key words: *biodiesel blend, soybean oil, machine-tractor unit, energy consumption.*

Введение. На современном этапе развития аграрного производства возникла необходимость в пересмотре стратегии энергетического баланса, предусматривающая переход от использования традиционных энергоисточников в виде светлых нефтепродуктов к альтернативным моторным топливам. Сельское хозяйство может удовлетворить свои потребности в дизельном топливе за счет производства и применения моторных топлив растительного происхождения. Создание топлива для дизелей из органического сырья позволит трансформировать растениеводство из отрасли, являющейся основным потребителем светлых нефтепродуктов, в отрасль, выпускающую экологически чистое моторное топливо из возобновляемых источников энергии. Одним из видов такого топлива является дизельное смесевое топливо (ДСТ). Поэтому исследования, связанные с производством и использованием ДСТ в качестве моторного топлива, компонентами которого являются растительное масло из какой-либо масличной культуры (рапса, рыжика, редьки масличной, горчицы, льна масличного, сафлора, сурепицы, сои и др.) и товарное минеральное дизельное топливо (ДТ), являются актуальными в научном плане и практически значимыми для АПК России [1 - 8].

Важной особенностью перевода работы дизельной автотракторной техники на ДСТ является возможность обеспечения требуемых эксплуатационных показателей без существенных изменений конструкции двигателя. Это позволяет организовать рабочий процесс транспортного дизеля, как минимум, на двух видах моторного топлива: минеральном ДТ и ДСТ, то есть обеспечить «всеядность» поршневого ДВС. Использование таких двигателей в аграрном производстве значительно облегчает решение вопросов снабжения автотракторной техники моторным топливом и придает ему большую автономность при выполнении произ-

водственных функций [9 - 13].

В связи с отличиями физических, химических и эксплуатационных свойств (вязкость, плотность, теплотворная способность, текучесть, смазываемость и др.) ДСТ от товарного минерального ДТ, показатели рабочего процесса, индикаторные и эффективные показатели дизеля при работе на ДСТ несколько ухудшаются, по сравнению с работой на минеральном ДТ, что негативно сказывается на эксплуатационных показателях МТА [10 - 12].

Одними из важнейших комплексных эксплуатационных показателей МТА являются общие удельные энергозатраты, показывающие какое количество тепловой энергии двигателя расходуется на выполнение той или иной сельскохозяйственной операции. Поэтому целью данной работы является теоретическая оценка энергозатрат тракторного пахотного агрегата при работе на ДСТ. В качестве примера при расчете энергозатрат МТА использовалось смесевое соево-минеральное в соотношениях биологического и минерального компонентов 25%СМ + 75%ДТ, 50%СМ + 50%ДТ, 75%СМ + 25%ДТ.

Методы исследований. Общие удельные энергозатраты МТА зависят от низшей теплоты сгорания топлива (H_u, МДж/кг) и погектарного расхода топлива ($g_{га}$, кг/га) [14 - 16]:

$$E_0 = H_u \cdot g_{га}. \quad (1)$$

Низшая теплота сгорания характеризуется углеводородным составом моторного топлива и определяется по формуле Д.И. Менделеева:

$$H_u = 34{,}013C + 125{,}6H - 10{,}9(O - S) - 2{,}512(9H + W), \quad (2)$$

где C, O, H – атомарный состав топлива; S и W – содержание в топливе соответственно серы и воды (для масла можно принять $S = 0$ и $W = 0$).

Дизельное смесевое топливо является двухкомпонентным, поэтому низшая теплота сгорания будет зависеть не только от теплоты сгорания минерального ДТ ($H_{uДТ}$) и соевого масла ($H_{uСМ}$), но и их массовых долей:

$$H_{uДСТ} = K_1 \cdot H_{uДТ} + K_2 \cdot H_{uСМ}, \quad (3)$$

где K_1, K_2 – массовые доли соответственно минерального ДТ и соевого масла ($K_1 + K_2 = 1$). Тогда низшую теплоту сгорания ДСТ можно представить в виде:

$$H_{uДСТ} = K_1 \cdot [34{,}013C_1 + 125{,}6H_1 - 10{,}9(O_1 - S_1) - 2{,}512(9H_1 + W_1)] + K_2 \cdot [34{,}013C_2 + 102{,}452H_2 - 10{,}9O_2], \quad (4)$$

где индекс 1 – относится к минеральному ДТ, индекс 2 – к соевому маслам.

Погектарный расход смесевого топлива (кг/га) представляет собой отношение массового расхода топлива, приходящегося на единицу выполненной работы в течение часа, поэтому его составляющие можно разложить и применительно к тягачу МТА колесного типа привести к виду:

$$g_{га} = \frac{G_{T_{ДСТ}}}{W_ч} = \frac{(0{,}12 \cdot g_ц \cdot n \cdot z)/\tau}{0{,}1 \cdot B_p \cdot v_p} = \frac{(0{,}12 \cdot g_ц \cdot n \cdot z)/\tau}{0{,}1 \cdot B_p \cdot 0{,}377 \cdot \frac{n \cdot r_к}{i_{тр}} \cdot (1-\delta)}, \quad (5)$$

где $G_{T_{ДСТ}}$ - часовой расход ДСТ, кг/ч; $W_ч$ – производительность МТА за час чистой работы, га/ч; $g_ц$ – массовая цикловая подача топлива, г/цикл; z – число цилиндров дизеля; τ – тактность двигателя; B_p – рабочая ширина захвата агрегатируемой машины, м; v_p – рабочая скорость МТА, км/ч ($v_p = 0{,}377 \cdot n \cdot r_к \cdot (1-\delta)/i_{тр}$); n – частота вращения к.в. дизеля, мин$^{-1}$; $r_к$ – радиус качения ведущих колес трактора, м; $i_{тр}$ – передаточное отношение трансмиссии трактора; δ – коэффициент буксования ведущих колес трактора.

При равномерном движении МТА по горизонтальному участку поля рабочая ширина захвата (B_p, м) агрегатируемой машины зависит от касательной силы тяги на ведущих колесах трактора ($P_к$, Н), силы сопротивления качению трактора ($P_{fтр}$, Н) и агрегатируемой машины ($P_{fм}$, Н), удельного сопротивления агрегатируемой машины при движении на рабочей скорости ($K_{уд}$, кН/м), которые в свою очередь связаны с показателями двигателя (M_e), конструктивными и режимными параметрами МТА ($G_{тр}$, $G_м$, $r_к$, $i_{тр}$, $\eta_{тр}$, v_p, $П$, K_0), агрофоном поля ($f_{тр}$,

$f_м$):

$$B_p = \frac{P_к - (P_{f_{тр}} + P_{f_м})}{K_{уд}} = \frac{(M_e \cdot i_{тр} \cdot \eta_{тр}) / r_к - (f_{тр} \cdot G_{тр} + f_м \cdot G_м)}{K_0 \cdot \left[1 + (v_p - v_0) \cdot П\right]}, \quad (6)$$

$$K_{уд} = K_0 \cdot \left[1 + (v_p - v_0) \cdot П\right] \cdot h$$

где M_e – эффективный крутящий момент дизеля, Н·м; $\eta_{тр}$ – механический КПД трансмиссии трактора; $G_{тр}$, $G_м$ – эксплуатационный вес соответственно трактора и машины, Н; $f_{тр}$, $f_м$ - коэффициент сопротивления качению соответственно трактора и машины; K_0 – удельное сопротивление пахотного агрегата, кПа (определяется по справочным таблицам в зависимости от вида выполняемой работы при скорости МТА, равной 5 км/ч) [13]; h – глубина вспашки (м); v_0 – начальная скорость МТА (v_0=*5 км/ч*), км/ч; *П* – темп нарастания удельного сопротивления (определяется по справочным таблицам [13]).

Анализ составляющих формулы (6) показывает, что при движении МТА на конкретной передаче и неизменном агрофоне поля, при прочих равных условиях, наибольшее влияние на рабочую ширину захвата (B_p) оказывает эффективный крутящий момент дизеля (M_e, *Н·м*), который выразим через индикаторный момент (M_i, *Н·м*) и момент механических потерь ($M_{МП}$, *Н·м*):

$$M_e = M_i - M_{МП} = 10^3 \cdot \frac{g_ц \cdot \eta_i \cdot z \cdot H_{u_{ДСТ}}}{\pi \cdot \tau} - \frac{V_h \cdot z}{30\tau} \cdot (0{,}09 + 0{,}0008 \cdot r_{кр} \cdot n), \quad (7)$$

где η_i – индикаторный КПД двигателя ($\eta_i = \frac{P_i \cdot V_h \cdot 10^6}{g_ц \cdot H_{u_{ДСТ}}}$); P_i – среднее индикаторное давление, МПа ($P_i = \varphi \frac{P_c}{\varepsilon - 1}\left[\lambda \cdot (\rho - 1) + \frac{\lambda \cdot \rho}{n_2 - 1} \cdot \left(1 - \frac{1}{\delta^{n_2 - 1}}\right) - \frac{1}{n_1 - 1} \cdot \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}}\right)\right]$); φ – коэффициент полноты индикаторной диаграммы двигателя; P_c – давление в конце такта сжатия, МПа; λ – степень повышения давления; ρ – степень предварительного расширения; δ – степень последующего расширения; n_1 – показатель политропы сжатия; n_2 – показатель политропы расширения; V_h – рабочий объем одного цилиндра двигателя, м^3; $r_{кр}$ – радиус кривошипа коленчатого вала двигателя, м; π – число Пи (π=*3,14*).

Из анализа формулы (7) следует, что величина крутящего момента (M_e), кроме неуправляемых факторов – конструктивных параметров ($r_{кр}$, τ, z, V_h), зависит от управляемых факторов – цикловой подачи ДСТ ($g_ц$) и низшей теплоты сгорания ДСТ ($H_{u\,ДСТ}$), так как в отличие от минерального ДТ низшую теплоту сгорания ДСТ в процессе работы МТА можно изменять соотношением долей минерального и биологического компонентов.

Цикловую подачу топлива ($g_ц$) выразим через часовой расход топлива ($G_{T\,ДСТ}$), определяемый экспериментально:

$$g_ц = \frac{G_{ТДСТ} \cdot \tau}{0{,}12 \cdot n \cdot z} = \frac{\left(G_{T_{ДТ}} + G_{T_{СМ}}\right) \cdot \tau}{0{,}12 \cdot n \cdot z}, \quad (8)$$

где $G_{T\,ДТ}$, $G_{T\,СМ}$ – часовой расход минерального ДТ и соевого масла, кг/ч.

Подставляя в формулу (6) выражения (7) и (8), получим:

$$B_p = \frac{i_{тр} \cdot \eta_{тр} / r_к}{K_0 \cdot \left\{1 + \left[0{,}377 \cdot \frac{n \cdot r_к}{i_{тр}} \cdot (1 - \delta) - 5\right] \cdot П\right\}} \times$$
$$\times \left[10^3 \cdot \frac{\left(G_{T_{ДТ}} + G_{T_{СМ}}\right) \cdot \eta_i \cdot z \cdot \left(K_1 \cdot H_{u\,ДТ} + K_2 \cdot H_{u\,СМ}\right)}{0{,}12 \cdot \pi \cdot n} - \frac{V_h \cdot z}{30\tau} \cdot (0{,}09 + 0{,}0008 \cdot r_{кр} \cdot n)\right] - (f_{тр} \cdot G_{тр} + f_м \cdot G_м) \quad (9)$$

Тогда с учетом формулы (9) погектарный расход топлива можно будет рассчитать по формуле:

$$g_{га} = \frac{\left(G_{T_{ДТ}} + G_{T_{СМ}}\right) \cdot K_0 \cdot \left\{1 + \left[0{,}377 \cdot \frac{n \cdot r_к}{i_{тр}} \cdot (1-\delta) - 5\right] \cdot П\right\}}{0{,}0377 \cdot \frac{n \cdot r_к}{i_{тр}} \cdot (1-\delta)} \times$$

$$\times \frac{1}{\left\{\frac{i_{тр} \cdot \eta_{тр}}{r_к} \cdot \left[10^3 \cdot \frac{\left(G_{T_{ДТ}} + G_{T_{СМ}}\right) \cdot \eta_i \cdot z \cdot \left(K_1 \cdot H_{u_{ДТ}} + K_2 \cdot H_{u_{СМ}}\right)}{0{,}12 \cdot \pi \cdot n} - \frac{V_h \cdot z}{30\tau} \cdot (0{,}09 + 0{,}0008 \cdot r_{кр} \cdot n)\right] - \left(f_{тр} \cdot G_{тр} + f_м \cdot G_м\right)\right\}} \quad (10)$$

Следовательно, на погектарный расход топлива ($g_{га}$), наряду с конструктивными, режимными и другими параметрами, существенное влияние оказывают показатели топливной экономичности ($G_{T\,ДСТ}$) и теплотворной способности ДСТ ($H_{u\,ДСТ}$).

Подставив выражения (3) и (10) в формулу (1), получим окончательную формулу для расчета общих удельных энергозатрат МТА:

$$E_0 = \frac{\left(G_{T_{ДТ}} + G_{T_{СМ}}\right) \cdot K_0 \cdot \left\{1 + \left[0{,}377 \cdot \frac{n \cdot r_к}{i_{тр}} \cdot (1-\delta) - 5\right] \cdot П\right\} \times \left(K_1 \cdot H_{u\,ДТ} + K_2 \cdot H_{u\,СМ}\right)}{0{,}0377 \cdot \frac{n \cdot r_к}{i_{тр}} \cdot (1-\delta)} \times$$

$$\times \frac{1}{\left\{\frac{i_{тр} \cdot \eta_{тр}}{r_к} \cdot \left[10^3 \cdot \frac{\left(G_{T_{ДТ}} + G_{T_{СМ}}\right) \cdot \eta_i \cdot z \cdot \left(K_1 \cdot H_{u_{ДТ}} + K_2 \cdot H_{u_{СМ}}\right)}{0{,}12 \cdot \pi \cdot n} - \frac{V_h \cdot z}{30\tau} \cdot (0{,}09 + 0{,}0008 \cdot r_{кр} \cdot n)\right] - \left(f_{тр} \cdot G_{тр} + f_м \cdot G_м\right)\right\}} \quad (11)$$

Из формулы (11) следует, что на величину общих удельных энергозатрат МТА при его работе на ДСТ наибольшее влияние оказывает низшая теплота сгорания смесевого топлива, величину которой в условиях эксплуатации можно изменять соотношением массовых долей минерального и биологического компонентов (K_1, K_2).

Результаты исследований и их обсуждение. Элементарный состав и низшая теплота сгорания исследуемых топлив приведены в таблице 1. Из анализа приведенных данных следует, что низшая теплота сгорания у соевого масла меньше, чем у минерального ДТ на 12,6%, что объясняется меньшим содержанием в соевом масле углерода и водорода. При увеличении в ДСТ массовой доли минерального ДТ значение низшей теплоты сгорания повышается. Так для ДСТ с содержанием минерального ДТ 75% этот показатель равен 41,16 МДж/кг, для ДСТ с содержанием 50 % минерального ДТ – 39,79 МДж/кг.

Таблица 1 – Элементарный состав, низшая теплота сгорания и физико-химические свойства исследуемых топлив

Вид топлива	Элементарный состав			Низшая теплота сгорания, МДж/кг
	С	Н	О	
100% ДТ	0,870	0,126	0,004	42,40
100% СМ	0,776	0,115	0,109	37,05
25% СМ+75% ДТ	0,847	0,123	0,030	41,16
50% СМ+50% ДТ	0,823	0,120	0,057	39,79
75% СМ+25% ДТ	0,799	0,118	0,083	38,42

В качестве примера в таблице 2 приведены результаты расчетов общих удельных энергозатрат тракторного агрегата в процессе вспашки при работе на смесевом соево-

минеральном топливе различного состава, в сравнении с работой на товарном минеральном ДТ.

Таблица 2 – Расчетные значения общих удельных энергозатрат тракторного агрегата на вспашке

Показатели	Вид топлива			
	Минеральное ДТ	25%СояМ + 75%ДТ	50% СояМ + 50%ДТ	75%СояМ + 25%ДТ
Частота вращения коленчатого вала 2200 мин$^{-1}$				
Низшая теплота сгорания* (H_u), МДж/кг	42,4	41,16	39,79	38,42
Часовой расход топлива* (G_T), кг/ч	14,6	15,3	15,5	15,6
Массовая доля минерального ДТ* (K_1)	1	0,75	0,50	0,25
Массовая доля соевого масла* (K_2)	0	0,25	0,50	0,75
Индикаторный КПД двигателя* (η_i)	0,453	0,452	0,451	0,450
Погектарный расход топлива ($g_{га}$), кг/га	3,24	3,32	3,35	3,61
Общие удельные энергетические затраты (E_0), МДж/га	137,5	137,9	138,3	138,7
Частота вращения коленчатого вала 1800 мин$^{-1}$				
Низшая теплота сгорания* (H_u), МДж/кг	42,4	41,16	39,79	38,42
Часовой расход топлива* (G_T), кг/ч	13,7	14,6	14,8	15,3
Массовая доля минерального ДТ* (K_1)	1	0,75	0,50	0,25
Массовая доля сафлорового масла (K_2)	0	0,25	0,50	0,75
Индикаторный КПД двигателя* (η_i)	0,443	0,442	0,440	0,439
Погектарный расход топлива ($g_{га}$), кг/га	2,92	3,01	3,14	3,26
Общие удельные энергетические затраты (E_0), МДж/га	123,6	123,9	124,5	125

Анализ приведенных данных показывает, что при работе на ДСТ общие удельные энергозатраты возрастают незначительно, по сравнению с работой на минеральном ДТ. Так, например, при работе на товарном минеральном ДТ (частота вращения коленчатого вала дизеля 2200 мин$^{-1}$) общие удельные энергозатраты равны 137,5 МДж/га, а при работе на ДСТ различного состава они составляют: 25% СМ+75% ДТ – 137,9 МДж/га, 50% СМ+50% ДТ – 138,3 МДж/га, 75% СМ+25% ДТ – 138,7 МДж/га. С увеличением доли соевого масла с 25 % до 50 % погектарный расход смесевого топлива увеличивается с 3,32 кг/га до 3,35 кг/га, а низшая теплота сгорания уменьшается с 41,16 МДж/кг до 39,79 МДж/кг. Однако за счет того, что относительное приращение расхода топлива несколько больше относительного приращения низшей теплоты сгорания смесевого топлива, общие удельные энергозатраты МТА при работе на ДСТ возрастают на незначительную величину.

Заключение. Предлагаемая методика позволяет рассчитать общие удельные энергозатраты МТА при работе на ДСТ с учетом влияния не только конструктивных, режимных и других параметров дизеля и трактора, но и теплотворных свойств смесевого топлива в зависимости от процентного содержания биологического и минерального компонентов.

Список литературы

1. Уханов, А.П. Нетрадиционные биокомпоненты дизельного смесевого топлива: монография / А.П. Уханов, Д.А. Уханов, Е.А. Сидоров, Е.Д. Година. – Пенза: РИО ПГСХА, 2013. – 113 с.

2. Уханов, А.П. Рапсовое биотопливо – альтернатива нефтяному моторно-му топливу / А.П. Уханов [и др.] // Нива Поволжья. – 2007. – № 2. – С.37-40.

3. Уханов, А.П. Опыт применения редькового масла в качестве биологического компонента дизельного смесевого топлива / А.П. Уханов, Е.Д. Година, Л.И. Сидорова // Известия Самарской ГСХА. – 2012. – № 3. – С. 46-50.

4. Уханов, А.П. Применение биотопливных композиций на тракторном дизеле / А.П.

Уханов [и др.] // Нива Поволжья. – 2007. – № 4. – С.53-57.

5. Нагорнов С.А., Корнев А.Ю., Мещерякова Ю.В., Ерохин И.В., Мещеряков А.Г. Синтез биодобавки к дизельному топливу. наука в центральной России. 2016. № 1 (19). с. 15-22.

6. Нагорнов С.А., Корнев А.Ю., Романцова С.В., Ерохин И.В. Инновационная технология получения биодизельного топлива // Сельский механизатор. 2015. № 7. С. 36-37.

7. Марков В.А., Девянин С.Н., Нагорнов С.А. Оптимизация состава смесевых биотоплив для дизелей // Автомобильная промышленность. 2016. № 3. с. 22-29.

8. Ликсутина А.П., Романцова С.В., Корнев А.Ю., Ерохин И.В. Влияние биодизельного топлива на некоторые конструкционные материалы // Инновации в сельском хозяйстве. 2015. № 2 (12). С. 130-134.

9. Патент на пол. модель № 89596 РФ. Жидкостный смеситель / А.П. Уханов, В.А. Голубев, Е.С. Зыкин. – №2009135355/22;заявл. 22.09.2009; опубл. 10.12.2009, Бюл. № 34.

10. Патент на пол. модель № 91929 РФ. Смеситель-дозатор топлива / А.П. Уханов, В.А. Голубев, Е.С. Зыкин. – № 2009141314/22; заявл. 09.11.2009; опубл. 10.03.2010, Бюл. № 7.

11. Уханов, А. П. Конструктивная адаптация дизелей автотракторной техники к работе на смесевом топливе / А. П. Уханов, Д. А. Уханов, И. Ф. Адгамов, Е. Д. Година // Нива Поволжья. – 2014. – № 2 (31). – С. 84-92.

12. Уханов, А.П. Экспериментальная оценка влияния смесевого топлива на показатели рабочего процесса дизеля / А.П. Уханов [и др.] // Известия Самарской ГСХА. – 2012. – № 3. – С.33-38.

13. Сидоров, Е.А. Экспериментальная оценка влияния сурепно-минерального топлива на показатели рабочего процесса дизеля / Е.А. Сидоров, А.П. Уханов // Нива Поволжья. – 2012. – №4. – С.71-74.

14. Уханов, А. П. Режимы работы двигателя энергосредства с учетом эксплуатационных показателей МТА / А. П. Уханов, С. В Стрельцов, Р. Н. Мустякимов // Тракторы и сельхозмашины. – 2009. – № 11. – С. 20-22.

15. Уханов, А. П. Теоретическая и экспериментальная оценка эксплуатационных показателей пахотного агрегата при работе на дизельном смесевом топливе / А. П. Уханов, Е. А. Сидоров, Л. И. Сидорова // Научное обозрение. – 2014. – № 1. – С. 21-24.

16. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости / В.В. Остриков, А.П. Уханов, О.А. Клейменов [и др.] . – Ульяновск, 2009. – 575 с.

17. Эксплуатационные показатели машинно-тракторных агрегатов при выполнении сельскохозяйственных работ: справочное пособие // А.Н. Важенин, А.В. Пасин, А.И. Новожилов, А.А. Юдинцев. – Н.Новгород, 2005. – 92с.

References

1. Uhanov, A.P. Netradicionnye biokomponenty dizel'nogo smesevogo topliva: monografija / A.P. Uhanov, D.A. Uhanov, E.A. Sidorov, E.D. Godina. – Penza: RIO PGSHA, 2013. – 113 s.

2. Uhanov, A.P. Rapsovoe biotoplivo – al'ternativa neftjanomu motorno-mu toplivu / A.P. Uhanov [i dr.] // Niva Povolzh'ja. – 2007. – № 2. – S.37-40.

3. Uhanov, A.P. Opyt primenenija red'kovogo masla v kachestve biologicheskogo komponenta dizel'nogo smesevogo topliva / A.P. Uhanov, E.D. Godina, L.I. Sidorova // Izvestija Samarskoj GSHA. – 2012. – № 3. – S. 46-50.

4. Uhanov, A.P. Primenenie biotoplivnyh kompozicij na traktornom dizele / A.P. Uhanov [i dr.] // Niva Povolzh'ja. – 2007. – № 4. – S.53-57.

5. Nagornov S.A., Kornev A.Ju., Meshherjakova Ju.V., Erohin I.V., Meshherjakov A.G. Sintez biodobavki k dizel'nomu toplivu. nauka v central'noj Rossii. 2016. № 1 (19). s. 15-22.

6. Nagornov S.A., Kornev A.Ju., Romancova S.V., Erohin I.V. Innovacionnaja tehnologija poluchenija biodizel'nogo topliva // Sel'skij mehanizator. 2015. № 7. S. 36-37.

7. Markov V.A., Devjanin S.N., Nagornov S.A. Optimizacija sostava smesevyh biotopliv dlja dizelej // Avtomobil'naja promyshlennost'. 2016. № 3. s. 22-29.

8. Liksutina A.P., Romancova S.V., Kornev A.Ju., Erohin I.V. Vlijanie biodizel'nogo topliva na nekotorye konstrukcionnye materialy // Innovacii v sel'skom hozjajstve. 2015. № 2 (12). S. 130-

134.

9. Patent na pol. model' № 89596 RF. Zhidkostnyj smesitel' / A.P. Uhanov, V.A. Golubev, E.S. Zykin. – №2009135355/22;zajavl. 22.09.2009; opubl. 10.12.2009, Bjul. № 34.

10. Patent na pol. model' № 91929 RF. Smesitel'-dozator topliva / A.P. Uhanov, V.A. Golubev, E.S. Zykin. – № 2009141314/22; zajavl. 09.11.2009; opubl. 10.03.2010, Bjul. № 7.

11. Uhanov, A. P. Konstruktivnaja adaptacija dizelej avtotraktornoj tehniki k rabote na smesevom toplive / A. P. Uhanov, D. A. Uhanov, I. F. Adgamov, E. D. Godina // Niva Povolzh'ja. – 2014. – № 2 (31). – S. 84-92.

12. Uhanov, A.P. Jeksperimental'naja ocenka vlijanija smesevogo topliva na pokazateli rabochego processa dizelja / A.P. Uhanov [i dr.] // Izvestija Samarskoj GSHA. – 2012. – № 3. – S.33-38.

13. Sidorov, E.A. Jeksperimental'naja ocenka vlijanija surepno-mineral'nogo topliva na pokazateli rabochego processa dizelja / E.A. Sidorov, A.P. Uhanov // Niva Povolzh'ja. – 2012. – №4. – S.71-74.

14. Uhanov, A. P. Rezhimy raboty dvigatelja jenergosredstva s uchetom jekspluatacionnyh pokazatelej MTA / A. P. Uhanov, S. V Strel'cov, R. N. Mustjakimov // Traktory i sel'hozmashiny. – 2009. – № 11. – S. 20-22.

15. Uhanov, A. P. Teoreticheskaja i jeksperimental'naja ocenka jekspluatacionnyh pokazatelej pahotnogo agregata pri rabote na dizel'nom smesevom toplive / A. P. Uhanov, E. A. Sidorov, L. I. Sidorova // Nauchnoe obozrenie. – 2014. – № 1. – S. 21-24.

16. Toplivo, smazochnye materialy i tehnicheskie zhidkosti / V.V. Ostrikov, A.P. Uhanov, O.A. Klejmenov [i dr.] . – Ul'janovsk, 2009. – 575 s.

17. Jekspluatacionnye pokazateli mashinno-traktornyh agregatov pri vypolnenii sel'skohozjajstvennyh rabot: spravochnoe posobie // A.N. Vazhenin, A.V. Pasin, A.I. Novozhilov, A.A. Judincev. – N.Novgorod, 2005. – 92s.

УДК 636.084.55/13

ТЕХНОЛОГИЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ДОБАВОК ДЛЯ КОМБИКОРМОВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО БЕЛКА

Шулаев Геннадий Михайлович,
кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, г. Тамбов.
E-mail: tniij@yandex.ru

Энговатов Вячеслав Фёдорович,
доктор ссельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, г. Тамбов.

Милушев Ринат Келимулович,
кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, г. Тамбов.

Бетин Александр Николаевич,
кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, г. Тамбов.

Вотановская Нина Александровна,
кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, г. Тамбов.

Реферат. *Известно, что бобовые культуры являются большим резервом полноценного кормового белка для свиноводства, создавая надёжную базу для производства импортозамещающих добавок, обеспечивающих сбалансированное кормление животных и повышение конкурентоспособность отрасли. Рекомендуется расширить научно-обоснованное использование растительного белка, особенно бобовых культур, применяя специальные технологии обработки сырья для инактивации антипитательных веществ. Установлено, что технологическая обработка сои и люпина (микронизация, шелушение, экструзия) улучшает качественные характеристики корма, повышает содержание протеина на 1,36-7,20 %, фосфора - на 1,54-2,40 %, снижает уровень клетчатки на 1,66-2,38 %, что благоприятно сказывается на усвоении питательных веществ. Усовершенствован состав бобово-глютенового концентрата. Замена в нём дорогостоящего кукурузного глютена автоклавированной соей и шелушённым экструдированным люпином снизила на 6,15% стоимость обогатительной добавки без ухудшения её качества. При этом не снизилась продуктивность животных, не выходил за пределы ПДК микробиоценоз кишечника, на достаточно высоком уровне была переваримость питательных веществ. Установлено, что технологическая обработка сои и люпина (микронизация, шелушение, экструзия) улучшает качественные характеристики корма, повышает содержание протеина на 1,36-7,20 %, фосфора – на 1,54-2,40%, снижает уровень клетчатки на 1,66-2,38%. Показано, что это благоприятно сказывается на усвоении питательных веществ. Определен оптимальный режим влаготепловой обработки сои методом микронизации: увлажнение сои до 19%, ИК-облучение её в течение 60с при температуре 130 ^{o}C с последующим темперированием (выдержка) при 90°C в течение 15 мин. Приведена технологическая схема получения добавок.*

Ключевые слова: *соя, люпин, глютен, технология приготовления, продуктивность.*

TECHNOLOGY FOR PRODUCING ADDITIVES FOR THE CONCENTRATING MIXED FEED FROM PLANT RAW MATERIAL

Shulayev Gennady Mikhaylovich,
RhD (agriculture) laboratory chief, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petrolium Products in Agriculture, Tambov, E-mail: tniij@yandex.ru
Engovatov Viacheslav Fedorovich,
Full Doctor of Agricultural Sciences, general research fellow, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petrolium Products in Agriculture, Tambov
Milushev Rinat Kelimulovich,
Phd (biology) senior research fellow, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petrolium Products in Agriculture, Tambov
Betin Alexander Nikolaevich,
PhD (agriculture), leading research fellow, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petrolium Products in Agriculture, Tambov
Votanovskaya Nina Aleksandrovna,
Phd (biology, senior research fellow, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petrolium Products in Agriculture, Tambov

Abstract*. It is known that legumes are a great reserve of high-grade protein feed for pig production, creating a solid base for the production of import-substituting additives that provide a balanced feeding of animals and increase the competitiveness of the industry. It is recommended to extend a science-based use of vegetable protein, especially legumes, using special technology of processing of raw materials for inactivation of anti-nutritional substances. It was established that the technological processing of soy and lupine (micronizing, flaking, extrusion) improves the quality characteristics of the feed, increases the protein content at 1,36-7,20%, phosphorus - to 1,54-2,40%, reduces the level of fiber per 1 , 66-2,38%, which is beneficial to absorption of nutrients. The composition of legume-gluten concentrate was improved. The productivity of animals is not decreased bowel microbiocenosis did not go beyond the limits of Maximum Permissible Concentra-*

tions, digestion of nutrients was high enough. It was established that the technological processing of soy and lupine (micronizing, flaking, extrusion) improves the quality characteristics of the feed, increases the protein content at 1,36-7,20%, phosphorus - to 1,54-2,40%, reduces the level of fiber per 1 , 66-2,38%. It is shown that it is beneficial to the assimilation of nutrients. Optimum processing mode using moisture and heat by micronization soya: soya hydration to 19%, an IR irradiation 60c for her at 130 ° C with subsequent tempering (extract) at 90 ° C for 15 minutes is defined. Technological scheme for producing of additives is shown

Keywords*: soya, lupine, corn gluten, technology of preparation, productivity of pigs.*

Введение. Тамбовская область является зоной интенсивного свиноводства и занимает по производству свиного мяса в стране третье место. Для дальнейшего динамичного развития этой отрасли требуется постоянно наращивать производство полнорационных комбикормов, которое пока сдерживается дефицитом и дороговизной белковых компонентов, особенно рыбной муки [1, 2]. Для решения этой проблемы необходимо расширить использование растительного белка, особенно бобовых культур, применяя специальные технологии обработки сырья для инактивации антипитательных веществ [3].

Установлено, что технологическая обработка сои и люпина (микронизация, шелушение, экструзия) улучшает качественные характеристики корма, повышает содержание протеина на 1,36-7,20 %, фосфора - на 1,54-2,40 %, снижает уровень клетчатки на 1,66-2,38 %. Это благоприятно сказывается на усвоении питательных веществ. Оптимальным режимом влаготепловой обработки сои методом микронизации является: увлажнение сои до 19 %, ИК-облучение ее в течение 60 с при температуре 130ºС с последующим темперированием (выдержка) при 90ºС в течение 15 мин. Качественные характеристики готового корма соответствуют норме (активность уреазы ΔрН 0,27, содержание легкорастворимого протеина на уровне 72,9 %).

Нами была разработана и испытана в производственных условиях обогатительная добавка для комбикормов на основе полножирной сои, люпина и кукурузного глютена (бобово-глютеновый концентрат-БГК). Научно обосновано применение в обогатительной добавке аминокислот и целого комплекса биологически активных веществ. Состав БГК следующий (%): соя полножирная микронизированная – 45,0; люпин шелушённый экструдированный – 35,0; кукурузный глютен – 14,0; аминокислоты -5; рыбий жир – 0,3; биологически активные вещества нового поколения – 0,7 (состав защищен патентом)[4].

Для повышения качества белка предусмотрено введение трех незаменимых аминокислот (лизин, метионин, треонин). Потребность в полиненасыщенных жирных кислотах Омега – 3 , Омега – 6 покрывается за счет полножирной сои и рыбьего жира.

В состав добавки введены биологически активные вещества нового поколения (биоплексы микроэлементов, витамины, эмульгатор жиров – лисофорт, регулятор энергетического обмена - L-карнитин). В комплексе все эти препараты создают синергетический эффект, улучшают усвоение кормов и обмен веществ в организме животных. По качественной характеристике БГК не уступает рыбной муке, но в 1,5 раза дешевле ее и может заменять рыбную муку в составе комбикормов. Однако в добавке имеется дефицитный и дорогостоящий компонент – кукурузный глютен, что может быть сдерживающим фактором в производстве. В этой связи возникла необходимость в совершенствовании ее состава.

Цель исследований – усовершенствовать состав кормовой добавки и создать универсальную технологию получения концентратов из белка растительного происхождения.

Материалы и методы. В бобово-глютеновом концентрате проведена замена кукурузного глютена на автоклавированную сою и шелушенный экструдированный люпин. Усилен антиоксидантный комплекс за счет ввода Сел-Плекса, увеличена дозировка биоплекса йода, которого не достает в кормах. Состав улучшенного бобово-обогащенного концентрата (БОК) ,%: автоклавированная соя – 55,0; шелушённый экструдированный люпин – 39,0; аминокислоты – 5,0; комплекс биологически активных веществ – 1,0.

Отработан режим баротермической обработки сои: давление пара – 1,3-1,5 атм., темпе-

ратура 110ºС в течение 15 мин с последующим кондиционированием зерна. При этом показатель активности уреазы составил ΔрН 0,13, что соответствует требованиям ГОСТа к качеству семян сои на кормовые цели. Экструзия ошелушённого люпина улучшила усвояемость белкового корма, повысила переваримость сухого вещества на 6,17 %, определенная методом in vitro.

Изготовление опытных образцов обогатительных добавок, комбикормов с их использованием и производственные испытания на свиньях проводились в ФГУППЗ «Орловский» Тамбовской области. Для опыта было отобрано две группы молодняка свиней на доращивании. Контрольная группа получала комбикорм с БГК, а опытная – с БОК. Обогатительные добавки в комбикормах составляли 5 % по массе. Комбикорма скармливали, согласно распорядка на ферме, – утром и вечером. По общепринятым методикам изучали интенсивность роста свиней, микробиоценоз кишечника, переваримость кормов, клинические показатели крови и эффективность использования добавок по прямым затратам.

Результаты и обсуждение. В течение 90 суток опытного периода у поросят не было отмечено расстройств пищеварения. Проведенными бактериологическими анализами в кишечнике свиней обеих групп обнаружено одинаковое количество анаэробных бактерий, представителей нормальной микрофлоры: бифидумбактерий - 10^9 и лактобактерий - 10^7 микробных клеток в 1 г фекалий. Сальмонелла и другие патогенные бактерии в исследованных образцах отсутствовали. Таким образом, микробиоценозы кишечника контрольных и опытных животных практически были идентичны и не выходили за пределы ПДК, что обеспечило нормальное пищеварение, потребление и усвоение кормов.

Переваримость комбикормов в обеих группах была на достаточно высоком уровне: сухого и органического вещества колебалась в пределах 79,3-80,9 %, протеина – 73,5-74,1 %, жира – 61,3-62,1%, клетчатки – 38,3-39,1 и БЭВ – 84,1-84,5 %. Характерно для обоих комбикормов – высокий коэффициент переваримости жира, что можно объяснить наличием в обогатительных добавках лисофорта – эмульгатора жиров и карнитина, регулирующего энергетический обмен.

Анализами крови установлено, что у всех подопытных животных на достаточно высоком уровне протекал белковый и минеральный обмен, содержание белка в сыворотке колебалось между группами в пределах 76,63-77,43 г/л, кальция - 2,90-3,12 ммоль/л, неорганического фосфора - 2,03-2,15 ммоль/л., различия были незначительные. Эти показатели крови соответствуют физиологической норме для поросят 4-месячного возраста. При этом следует отметить некоторое повышение жирового обмена в опытной группе свиней, на что указывает большее содержание липидов в крови на 1,38 г/л. Вероятно, это связано с лучшей усвояемостью жиров из комбикорма, в состав которого был введен бобово-обогащенный концентрат с новыми биологически активными веществами.

По результатам взвешивания молодняка рассчитан прирост живой массы в каждой группе и затраты кормов на продукцию (таблица 1).

Таблица 1 - Продуктивность молодняка свиней при использовании в комбикормах разных обогатительных добавок из бобовых культур

Показатель	Группа	
	котрольная	опытная
Число поросят, гол.	10	10
Живая масса опытных поросят, кг:	-	-
при постановке	25,2±0,8	25,2±0,5
при снятии	75,0±2,7	75,5±2,0
Прирост живой массы, кг	49,80	50,30
Среднесуточный прирост, г	553±35	559±33
В % к контрольной группе	100,00	101,80
Затраты комбикорма на 1 кг прироста, кг	3,40	3,37
В % к контрольной группе	100,00	99,10

Исследования показали, что использование в составе комбикормов обогатительных добавок из бобовых (соя, люпин), а также в сочетании бобовых с кукурузным глютеном обеспечивает высокую продуктивность молодняка свиней.

Из таблицы 1 видно, что среднесуточные приросты живой массы животных опытной группы были не хуже показателей контрольных, получавших в комбикорме бобово-глютеновый концентрат (559 против 553 г). Замена в составе обогатительной добавки дорогостоящего кукурузного глютена полностью на бобовые компоненты (соя, люпин) благоприятно отразилась на полноценности кормления, продуктивности животных и конверсии корма.

Обогатительная добавка из сои и люпина, по стоимости ниже бобово-глютенового концентрата на 6,15 %, а рыбной муки –в пределах 33,01-84,43 % (таблица 2). В сравнении с рыбной мукой обогатительные добавки из растительного белка значительно дешевле что является большим резервом для снижения цены на комбикормовую продукцию и обеспечения конкурентоспособности свиноводческой отрасли.

Таблица 2 - Сравнительная оценка стоимости БГК и БОК, рыбной муки и комбикормов с разными кормовыми добавками (по рыночным ценам 2013г.)

Показатель	Концентрат		Рыбная мука	
	БГК	БОК	ООО «Микробиосинтез» (производитель)	Средние данные по ЦФО
Стоимость обогатительных добавок, тыс. руб./т	28,60	26,84	35,70	49,50
Удорожание рыбной муки по сравнению с БГК и БОК, %	х	х	24,83-33,01	73,08-84,43
Стоимость комбикормов с разными добавками, тыс. руб./т	8,10	7,50	9,05	9,75
Удорожание комбикормов с рыбной мукой, %	х	х	11,73-20,67	20,37-30,00

Расчеты показали, что использование бобово-обогащенного концентрата в комбикормах дает экономическую выгоду при производстве свинины. За счет его меньшей цены, по сравнению с бобово-глютеновым концентратом, снижается стоимость комбикормов, при этом повышается прирост живой массы, что в конечном итоге обеспечивает получение экономического эффекта в расчете на одного поросенка в размере 130,0 руб.

На базе отечественного оборудования была разработана технологическая схема получения обогатительных добавок (представлена на рисунок 1). Предусмотрены три линии.

На линии подготовки сырья проводится микронизация или автоклавирование сои, возможна экструзия, экструдирование шелушённого люпина, дозирование и измельчением зерна. Для обработки сои в технологии может использоваться экструдер КМЗ-2У. Но для этого его необходимо дополнительно оснастить съёмной фильерой. Линия смешивания имеет два смесителя (малый для макро- и микродобавок) и большой – для заключительного смешивания всех компонентов. На этой линии предусмотрено ступенчатое смешивание компонентов, входящих в состав добавок. Малый и большой смесители работают в режиме циклично-периодического действия. Все компоненты рассчитываются на выработку за один цикл 1,5 т готовой продукции.

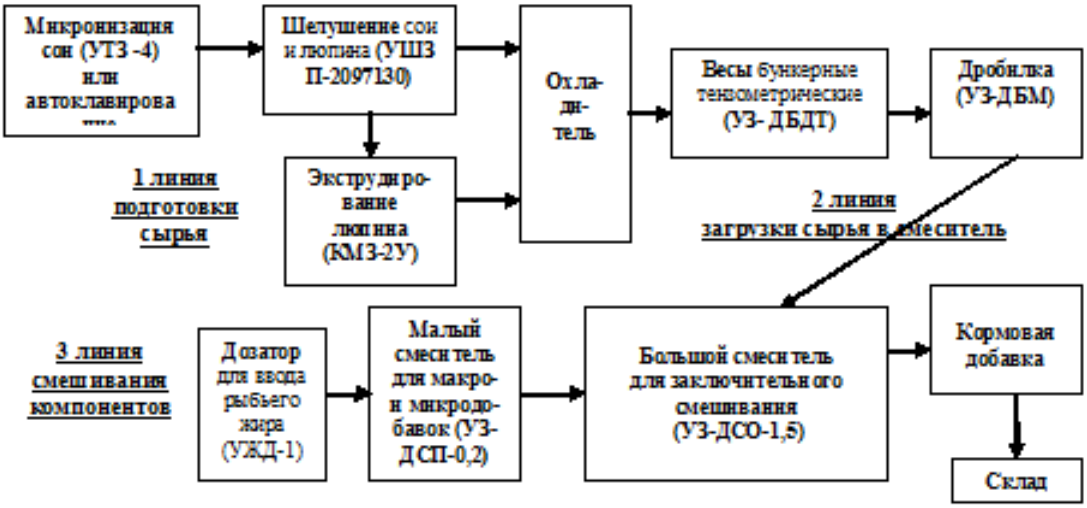


Рисунок 1 - Технологическая схема получения обогатительных добавок из растительного белка

Выводы. Бобовые культуры являются большим резервом полноценного кормового белка для свиноводства. Они создают надежную базу для производства импортозамещающих добавок, которые обеспечат сбалансированное кормление животных и повысят конкурентоспособность отрасли.

Замена в составе белковых добавок дефицитного и дорогостоящего кукурузного глютена на полностью бобовые культуры позволяет снизить стоимость обогатительной добавки на 6,15 % и широко использовать при производстве доступное собственное сырье (соя, люпин).

Список литературы

1. Архипов А. Актуальные проблемы отечественного животноводства [текст]/ А. Архипов, Л. Топорова // Главный зоотехник. - 2013. - №9. - С. 3-6.

2. Гапонов Н. Концентрат на основе люпина для бройлеров[текст] / Н. Гапонов, В. Мехтиев, А. Менькова и др. // Комбикорма. - 2011. - №7. - С. 69-71.

3. Шулаев Г. Технология приготовления бобово-глютенового концентрата для комбикормов и импортозамещающих обогатительных добавок [текст] / Г.М. Шулаев, В.Ф. Энговатов, А.Н. Бетин, Р.К. Милушев, Н.А. Вотановская // Вестник ВНИИМЖ.- 2014.- №4.-С. 246-248.

4. Шулаев Г. Концентрат из растительного белка – альтернатива рыбной муке [текст]/ Г. Шулаев, В. Энговатов, А. Бетин, Р. Милушев // Свиноводство. - 2014. - №4. - С. 73-74.

References

1. Arkhipov A. Actu quaestiones de domesticis animal lenis VA [text]/ A. Arkhipov, L. Toporov // Dux iumenta. - 2013. - No. 9. - S. 3-6.

2. Gaponov N. incumbite in lupine fundamentum broilers[text] / N. Gaponov, V. Mehdiyev, A. Menkova, etc. / / Pabula. - 2011. - No. 7. - Pp. 69-71.

3. Shulaev G. Nulla tincidunt fabam-glutine concentrate pascuntur et processus important doba-wok [text] / G. M. Shulaev, V. F. Engovatov, A. N. Betin, R. K. Milushev, N. Et. Votanovskaya // Acta de VNIIMI.- 2014.- N. 4.-S. 246-248.

4. Shulaev, Intendi a vegetabilis interdum alternative ad pisces farinam [text]/ G. Shulaev, V. Engovatov, A. Betin, R. Milushev // Sus fetum. - 2014. - No. 4. - Pp. 73-74.

УДК 631.303

ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ И ПАРАМЕТРОВ ПРИБОРА ДЛЯ РАССЕВА ПРОБ ЗЕРНОСМЕСЕЙ

Тишанинов Николай Петрович,
доктор технических наук, профессор, научный руководитель отдела, ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, Тамбов,
e-mail: av-anashkin@mail.ru
Анашкин Александр Витальевич,
кандидат технических наук, заведующий лабораторией, ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, Тамбов, e-mail: av-anashkin@mail.ru
Альшинайиин Хайдер Джамил Джабер,
стажер-исследователь, ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, Тамбов, e-mail: haiderjjsh2000@yahoo.com

Реферат. *Обоснованы области применения прибора для рассева зерносмесей по длине частиц компонентов для решения научных и практических задач. Анализ рабочего процесса и обоснование конструктивно – режимных параметров проводили с использованием классической теории триеров, результатов исследований динамики выделения примесных частиц из зерносмеси, методов теоретической механики и математических расчетов. Обоснованы: габаритные размеры ячеистого цилиндра – длина 0,3 м, диаметр 0,3 м; параметры выводного лотка (угол наклона 30°) и блокирующего кольца (внутренний диаметр 0,18 м). Установлены параметры сегмента зерносмеси (0,024…0,048 м), контактирующего слоя по массовым и численным характеристикам компонентов, числу слоев 7,9 …15,8 шт. Подтверждена убывающая тенденция интенсивности выделения примесных частиц с ростом циклов выделения. Выявлена динамика текущей остаточной засоренности по времени рассева для заданных исходных свойств пробы зерносмеси. Получены ориентировочные регламенты работы прибора (время включения 45… 60 с). Подтверждены существенные резервы сокращения трудоемкости рассева проб относительно базы сравнения и повышения качества процесса с достижением минимальной остаточной засоренности (в пределах заданной погрешности измерений) с ростом циклов выделения – менее 0,013 %. Установлено, что число циклов выделения примесных частиц возрастает с ростом их концентрации в пробе и увеличением массы пробы. Показано, что в цикле выделения число контактирующих ячей с сегментом многократно превосходит число примесных частиц нижнего слоя. Установлено, что погрешность измерений не превышает 0,5 % для выявленного регламента работы прибора, который обеспечивает многократное снижение трудоемкости рассева в сравнении с существующими средствами.*

Ключевые слова: *прибор, зерносмесь, рассев, остаточная засоренность, ячеистая поверхность, примесный компонент, динамика выделения, параметры, режимы.*

JUSTIFICATION OF OPERATING MODES AND PARAMETERS OF THE DEVICE FOR SIEVING GRAIN MIXES SAMPLES

Tishaninov Nikolay Petrovich,
Full Doctor of Technical Sciences, professor, head of department, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture
Tambov, e-mail: av-anashkin@mail.ru
Anashkin Alexander Vitalyevich,
candidate of technical Sciences, head of the laboratory, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Tambov, e-mail: av-anashkin@mail.ru

Alshinayiin Haider Jamil Jaber,
trainee researcher, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Tambov, e-mail: haiderjjsh2000@yahoo.com

Abstract. *Application of the device for sieving of grain mixtures along the length of the components of the particles to solve scientific and practical problems is justified. The analysis of the working process and a substantiation of constructive – regime parameters was performed using the classical theory of Trier, the results of studies release dynamics of impurity particles from the grain mixture, the methods of theoretical mechanics and mathematical calculations. Dimensions porous cylinder - length 0.3 m, diameter 0.3 m; parameters of the output tray (tilt angle 30°) and the blocking ring (inner diameter of 0.18 m) are substantiated. Segment Parameters of grain mixture (0.024 - 0.048 m), the contacting layer along the mass and the numerical characteristics of the components, the number of layers 7.9 ... 15.8 pc are set. The decreasing trend of emission rates of impurity particles with increasing discharge cycles is confirmed. The dynamics of the current residual contamination along the sieving time for given initial properties of the sample grain mixture is revealed. Deviating regulations operation of the device (on time 45 - 60 s) was obtained. Significant reserves of reducing of labor intensity of screening samples with respect to base of comparison and improving of the process quality with the achievement of minimal residual contamination (within a given measurement error) with increasing discharge cycles - at least 0.013% are confirmed. It is found that the number of discharge cycles of impurity particles increases with their concentration in the sample and increasing mass of the sample. It is shown that the allocation cycle number of meshes in contact with the segment number many times larger than of impurity particles of the lower layer. It was found that the measurement error does not exceed 0.5% of the identified regulations operation of the device, which provides multiple reduction of the labor intensity screening compared with the existing resources.*

Keywords: *device, grain mixture sieving, residual clogging, cellular surface, the impurity component, speaker selection, settings, modes.*

Введение. Рассев проб зерносмесей осуществляют с помощью стандартных решетных классификаторов. Однако, их возможности ограничены, когда поперечные размеры примесных частиц сопоставимы с поперечными размерами зерновок основной культуры. В этом случае их выбирают вручную, что очень трудоемко. Созданные в ФГБНУ ВНИИТиН стенды [1, 2] для исследований динамики выделения примесных частиц из зерносмесей ячеистыми поверхностями позволяют решить эту задачу. Но они представляют собой сложное дорогостоящее оборудование, рабочий процесс трудоемок, для его реализации необходимы значительные массы зерносмесей. Стенды мало пригодны для практических целей, а потребность в простых приборах для рассева зерносмесей по длине частиц компонентов велика. Они необходимы: при настройке зерноочистительных агрегатов в хозяйствах; оценке качества зерна при его реализации хозяйствами; при приемке и отпуске партий зерна элеваторами; для районных агролабораторий; для исследовательских центров и др. Создание таких приборов позволит повысить культуру зернового производства и уровень взаимоотношений хозяйствующих субъектов, поэтому актуальность решения этой задачи сомнений не вызывает. Цель исследований – упрощение конструкции, сокращение трудоемкости и повышение качества процесса разделения проб зерносмесей.

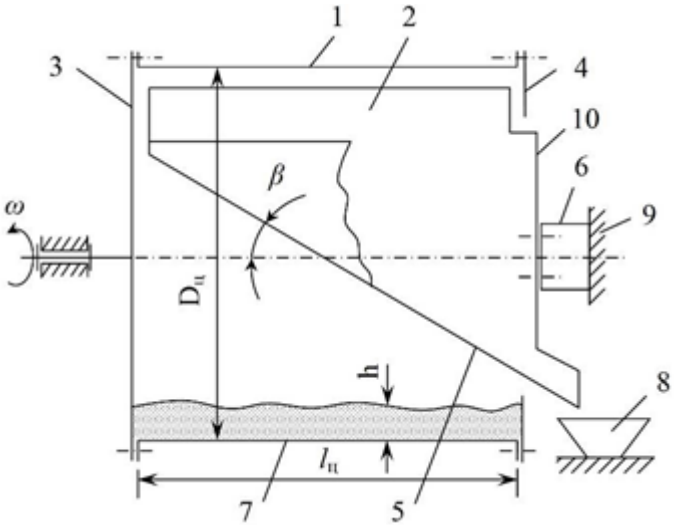
Материалы и методы. В исследованиях использованы базовые положения теории триеров, результаты исследований динамики выделения примесных частиц ячеистыми поверхностями, методы теоретической механики и математического анализа.

Результаты и обсуждение. Достижение поставленной цели может быть обеспечено при уменьшении диаметра ($D_ц$) и длины ($\ell_ц$) ячеистого цилиндра, исключении активного рабочего органа для отвода примесного компонента. Нами выбраны величины $D_ц$ = 0,3 м и $\ell_ц$ = 0,3 м, при которых угол наклона днища лотка $\beta = 30^0$. Величина угла β достаточна для непрерывного отвода потока примесных частиц, которые поступают в лоток с необходимой

начальной кинетической энергией. Интервальная по времени оценка масс потока позволит определить динамику рассева проб и продолжительность (или число циклов выделения) контроля при различных значениях массы пробы ($m_п$), исходной засоренности ($З_и$) и заданной погрешности измерений (Δ).

Конструкция прибора поясняется рисунками 1 и 2.

Рисунок 1 – Общий вид прибора для рассева проб зерносмесей



1 – ячеистый цилиндр; 2- лоток; 3 – приводной диск; 4 – блокирующее кольцо; 5 - наклонное днище лотка; 6 – кронштейн; 7 – зерносмесь; 8 – емкость; 9 – рама; 10 - торцевая стенка лотка

Рисунок 2 – Схема прибора для рассева проб зерносмесей

Он работает следующим образом. В ячеистый цилиндр 1 посредством воронки разгружают зерносмесь 7, массой $m_п$ и разравнивают вдоль него. Включают приводной диск 3. Примесные частицы из контактирующего слоя захватываются ячеями и подаются в лоток 2, присоединенный торцевой стенкой 10 к кронштейну 6 рамы 9. Обладая начальной кинетической энергией, примесные частицы скатываются по наклонному днищу 5 лотка 2 в емкость 8. По окончании процесса, который контролируется по регламентному времени для заданных значений $З_и$ и Δ или визуально, приводной диск отключают, блокирующее кольцо 4 снимают и опрокидыванием выгружают зерновки основной культуры в дополнительную емкость.

При изменении размеров ячеистого цилиндра 1 необходимо выполнить условие кинематического подобия процесса – сохранения условий захвата и выброса примесных частиц в лоток 2 [3, 4]:

$$К_р = \omega^2 R/g = const, \quad (1)$$

где $К_р$ – коэффициент кинематического режима; ω – угловая скорость ячеистого цилиндра, рад/с; R – радиус цилиндра, м; g – ускорение свободного падения, м/с^2.

Ячеистый цилиндр с R = 0,3 м обеспечивает эффективное выделение примесного компонента при ω = 4,2 с$^{-1}$ (40 об/мин), когда $К_р$ = 0,73. Аналогичные условия протекания процес-

са, когда R = 0,15 м, согласно уравнению (1) обеспечивается при ω = 5,86 $с^{-1}$ (56 об/мин). Угол охвата сегмента (λ) при этом также будет равен 90^0.

Высота сегмента (h) зависит от α, $\ell_ц$, $R_ц$, $m_п$, ρ и коэффициента разуплотнения сегмента ($К_{рс}$) за счет циркуляции слоев зерновок в нем при отсутствии отрыва частиц из-за преобладания гравитационной составляющей в зоне α = 0…90^0. Высота сегмента может быть определена по уравнению:

$$h = m_п / \alpha \ R_ц \ell_ц \rho К_{рс}, \quad (2)$$

где ρ – насыпная плотность зерносмеси, кг/$м^3$.

При вариативных значениях массы проб $m_п$ = 1; 1,5; 2 кг и величин ρ = 750 кг/$м^3$ и $К_{рс}$ = 0,78, характерных для пшеницы, значения h соответственно будут: h_1 = 24,2 мм; h_2 = 36,3 мм; h_3 = 48,4 мм. Поэтому блокирующее кольцо с внутренним радиусом $r_к$ = 0,09 м, когда $R_ц$ - $r_к$ > h_3, надежно предотвращает самопроизвольное истечение зерносмеси 7 из ячеистого цилиндра 1.

Для оценки динамики и временного регламента рассева зерносмесей необходимо определить число циркулирующих слоев в сегменте и число частиц в контактирующем слое (основной культуры и примесного компонента) при различных значениях $m_п$, h, и $З_и$. В качестве примесного компонента приняты зерновки проса с массой тысячи зерновок $m_{1000пр}$ = 0,007 кг. Диапазон исходной засоренности принят $З_и$ = 1; 2 и 3%, так как результаты исследований [6] показали, что реальный технологический процесс существующими триерными блоками не обеспечивает очистку пшеницы до остаточной засоренности $З_о$ = 0,5% при исходной засоренности $З_и$ > 3%. С учетом вышеизложенного число слоев в сегментах при различных $m_п$ будет $n_{сл} = h/b$ (b – средний поперечный размер зерновок основной культуры – 3,07 мм):

$$\begin{cases} m_{П1} = 1 \ кг; \ h_1 = 24{,}2 \ мм; \ n_{сл1} = 7{,}9 \ шт; \\ m_{П2} = 1{,}5 \ кг; \ h_2 = 36{,}3 \ мм; \ n_{сл2} = 11{,}8 \ шт; \\ m_{П3} = 2 \ кг; \ h_3 = 48{,}4 \ мм; \ n_{сл3} = 15{,}8 \ шт. \end{cases} \quad (3)$$

Расчетные значения $n_{сл}$ нельзя округлять до целых чисел, так как это будет искажать расчетные значения числа частиц примесного компонента в контактирующих слоях.

Число зерновок основной культуры в контактирующих слоях будет:

$$n_{сл} = S_c \cdot n_{З_{ПШ}} = \alpha \cdot R_ц \cdot l_ц \cdot n_{З_{ПШ}} = 3168 \ шт, \quad (4)$$

где S_c - площадь контактирующего слоя, $м^2$; $n_{З_{ПШ}}$ - число зерновок пшеницы, приходящихся на 1 $м^2$ (согласно исследованиям [6] $n_{З_{ПШ}}$ = 44840 шт/$м^2$), шт/$м^2$.

Масса контактирующего слоя:

$$m_{сл} = n_{сл} \cdot m_{1000_{ПШ}} / 1000 = 126{,}7 \ г, \quad (5)$$

где $m_{1000_{ПШ}}$ - масса 1000 зерновок пшеницы (40 *г*), *г*.

Тогда масса ($m_{пр}$) и число примесных частиц ($n_{пр}$) в контактирующих слоях при различных значениях $З_И$ будут:

$$\begin{cases} З_{И1} = 1\%; \ m_{пр1} = 1{,}27 \ г; \ n_{пр1} = 181 \ шт; \\ З_{И2} = 2\%; \ m_{пр2} = 2{,}54 \ г; \ n_{пр2} = 362 \ шт; \\ З_{И3} = 3\%; \ m_{пр3} = 3{,}81 \ г; \ n_{пр3} = 543 \ шт. \end{cases} \quad (6)$$

Для общей оценки динамики выделения примесных частиц из зерносмеси необходимо сопоставлять величину $n_{пр_{max}}$ =543 шт с числом ячей, взаимодействующих с контактирующим слоем в 1-ом цикле выделения ($n_{яц}$). Если $n_{яц} < n_{пр_{max}}$, то кривая интенсивности выделения примесных частиц будет содержать горизонтальный участок на протяжении нескольких циклов – до выравнивания $n_{пр_i}$ с $n_{яц}$. Если $n_{яц} \geq n_{пр_{max}}$, то кривая интенсивности выделения примесных частиц будет непрерывно убывающей с 1-го цикла.

Число $n_{яц}$ определяется по уравнению:

$$n_{яц} = S_ц \cdot n_{цп} = \pi D_ц l_ц n_{цп} = 6840 \ шт, \quad (7)$$

где $n_{цп}$ - плотность размещения ячей на цилиндре, шт/м^2.

Сравнение $n_{яц}$ с $n_{пр_{\max}}$ позволяет утверждать, что кривая интенсивности выделения примесных частиц будет непрерывно убывающей.

Расчеты взаимосвязей текущей остаточной засоренности с числом циклов выделения ($N_ц$) и временным регламентом использования прибора ($t_р$) для рассева проб зерносмесей проводили по разработанному нами алгоритму и уравнению [6]:

$$З_{i+1} = З_И \left(1 - \sum_1^{i+1} n_{пр_i} \Big/ P \right), \quad (8)$$

где $З_{i+1}$ - засоренность зерносмеси после (i+1)-го цикла, %; $n_{пр_i}$ - число примесных частиц, выделенных в i-ом цикле, шт; P – исходное число частиц в сегменте, шт.

В качестве примера выполним расчеты интенсивности выделения примесных частиц для условий – $m_n = 1 \ кг$; $З_И$ = 3 %; $P = n_{пр_З} \cdot n_{сл} = 4290 шт$. В таблице 1 представлены расчеты динамики выделения примесного компонента из зерносмеси за 40 циклов. Это количество циклов сопоставимо с условиями работы стандартных триерных блоков при рабочей длине ячеистых цилиндров 2,2 м и осевом смещении условного сегмента на 53…63 мм за цикл (за один оборот ячеистого цилиндра) [6].

Таблица 1 – Динамика выделения коротких примесей из зерносмесей

Кратность выделения из сегмента, ($N_ц$)	Число слоев $n_{ск}$ = 7,9. Исходная засоренность зерносмеси $З_и$ = 3% Число примесных частиц в сегменте P = 4290			
	$n_{прi}$, шт	$З_i$, шт	P_i, шт	$\sum_1^i n_{пр_i}$
1	2	3	4	5
1	543	2,62	3747	543
2	471	2,29	3273	1017
3	414	2,0	2859	1431
4	362	1,75	2497	1793
5	316	1,53	2181	2109
6	276	1,33	1905	2385
7	241	1,16	1664	2626
8	211	1,02	1453	2837
9	184	0,89	1269	3021
10	161	0,78	1108	3182
11	140	0,68	968	3322
12	123	0,59	845	3445
13	107	0,52	738	3552
14	93	0,45	645	3645
15	82	0,39	563	3727
16	71	0,34	492	3798
17	62	0,30	430	3860
18	54	0,26	376	3914
19	48	0,23	328	3962
20	42	0,20	286	4004
21	36	0,175	250	4040
22	32	0,15	218	4072
23	28	0,13	190	4100
24	24	0,12	166	4124

25	21	0,10	145	4145
26	18	0,009	127	4163
27	16	0,078	111	4179
28	14	0,068	97	4193
29	12	0,059	85	4205
30	11	0,052	74	4216
31	9	0,045	65	4225
32	8	0,040	57	4233
33	7	0,035	50	4240
34	6	0,031	44	4246
35	6	0,027	38	4252
36	5	0,023	33	4257
37	4	0,020	29	4261
38	4	0,018	25	4265
39	3	0,015	22	4268
40	3	0,013	19	4271

Сорок циклов выделения предложенный прибор осуществляет за время $t_р$ = 40/56 = 0,71 мин = 43 с. При этом остаточная засоренность составляет 0,013%. Следовательно, относительная погрешность измерений в рассмотренном примере составит $\Delta = З_{о40}/З_и$ х 100 = 0,013/3 х 100 = 0,43 %. Это очень высокая достоверность оценки засоренности проб зерносмесей предложенным прибором с приемлемым регламентом использования - $t_р$ = 43 с. Из таблицы 1 видно, что погрешность измерений $\Delta \approx 1\%$ при 34-х циклах выделения, когда $t_р$ = 34/56 = 0,607 мин = 36 с. Поэтому сокращать $t_р$ нет смысла.

Выводы. Габариты ячеистого цилиндра ($D_ц$ = 0,3 м, $\ell_ц$ = 0,3) и угол наклона лотка $\beta = 30^0$ обеспечивают работу прибора с пробами массой 1…2 кг, когда высота сегмента составляет 0,024…0,048 м. Внутренний диаметр блокирующего кольца, равный 0,18 м предотвращает самопроизвольное истечение зерносмеси из ячеистого цилиндра. Продолжительность рассева $t_р$ = 45…60 с гарантирует погрешность измерений засоренности проб зерносмеси < 0,4%.

Список литературы

1. Патент РФ №2492940. Стенд для испытаний ячеистых поверхностей / Н.П. Тишанинов, А.В. Анашкин, А.Г. Амельянц, М.А. Тишанинов, К.А. Растюшевский. - №2012112301/03 заявл. 29.03.2012 опубл. 20.09.2013, Бюл. № 26.

2. Патент РФ №2492941. Стенд для испытаний ячеистых поверхностей / Н.П. Тишанинов, А.Г. Амельянц, А.В. Анашкин, К.Н. Тишанинов, К.А. Растюшевский. - № 2012113207/03 заявл. 04.04.2012 опубл. 20.09.2013, Бюл. №26.

3. Летошнев М.Н. Сельскохозяйственные машины, теория, расчет, проектирование и испытание. – М.: Л.: Сельхозгиз, 1955. – 856с.

4. Мироненко Д.Н. Исследование работы фрикционного триерного цилиндра // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2009. - №2. – с.45 - 49.

5. Тишанинов Н.П. Теоретические предпосылки поиска резервов управления процессами триерной очистки зерносмесей / Н.П. Тишанинов, А.В. Анашкин // Наука в центральной России. – 2014. – № 6. – С. 28…38.

6. Тишанинов Н.П. Теоретический анализ динамики выделения коротких примесей из зерносмесей ячеистой поверхностью / Н.П. Тишанинов, А.В. Анашкин // Наука в центральной России. – 2015. – № 1 (13). – С. 46…58.

References

1. Patent RF №2492940. Stend dlya ispihtaniyj yacheistihkh poverkhnosteyj / N.P. Tishaninov, A.V. Anashkin, A.G. Ameljyanc, M.A. Tishaninov, K.A. Rastyushevskiyj. - №2012112301/03 zayavl. 29.03.2012 opubl. 20.09.2013, Byul. №26.

2. Patent RF №2492941. Stend dlya ispihtaniyj yacheistihkh poverkhnosteyj / N.P. Tishaninov, A.G. Ameljyanc, A.V. Anashkin, K.N. Tishaninov, K.A. Rastyushevskiyj. - № 2012113207/03 zayavl. 04.04.2012 opubl. 20.09.2013, Byul. №26.

3. Letoshnev M.N. Seljskokhozyayjstvennihe mashinih, teoriya, raschet, proektirovanie i ispihtanie. – M.: L.: Seljkhozgiz, 1955. – 856s.

4. Mironenko D.N. Issledovanie rabotih frikcionnogo triernogo cilindra // Vestnik Voronezh-skogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2009. - №2. – s.45 - 49.

5. Tishaninov N.P. Teoreticheskie predposihlki poiska rezervov upravleniya processami triernoyj ochistki zernosmeseyj / N.P. Tishaninov, A.V. Anashkin // Nauka v centraljnoyj Rossii. – 2014. – № 6. – S. 28 - 38.

6. Tishaninov N.P. Teoreticheskiyj analiz dinamiki vihdeleniya korotkikh pri-meseyj iz zer-nosmeseyj yacheistoyj poverkhnostjyu / N.P. Tishaninov, A.V. Anashkin // Nauka v centraljnoyj Rossii. – 2015. – № 1 (13). – S. 46 - 58.

Отпечатано ООО «Максимал информационные технологии»
398017, г. Липецк, ул. Ушинского, 8
Email: naukacr@yandex.ru. Тел. +7 (920) 246-20-64:
Подписано в печать 20.06.2016 Заказ № 60513-01
Формат 60x84/8. Бумага офсетная. Печать электрографическая.
Гарнитура Times. Объем – 10,34 усл. печ. л. Тираж 100 экз.