«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
№5 (29), 2017 г.

Основан 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, доктор технических наук, профессор, директор ФГБНУ ВНИИТиН
НАГОРНОВ Станислав Александрович — зам. главного редактора, доктор технических наук, профессор, зам. директора по научной работе ФГБНУ ВНИИТиН
ГОЛУБЕВ Иван Григорьевич — доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Московской области, зав. отделом ФГБНУ «Росинформагротех»
ГОРБАЧЕВ Иван Васильевич — член-корреспондент РАН, доктор технических наук, профессор, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
ЕРОХИН Михаил Никитьевич — академик РАН, заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор, лауреат премии Правительства РФ
ЖАЛНИН Эдуард Викторович — доктор технических наук, профессор, лауреат Государственной премии РФ в области науки и техники, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
ЗАВРАЖНОВ Анатолий Иванович — академик РАН, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО МичГАУ
КНЯЗЕВА Лариса Геннадьевна— доктор химических наук, доцент, главный научный сотрудник с возложением обязанностей Ученого секретаря ФГБНУ ВНИИТиН
ЛАРЮШИН Николай Петрович — доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заслуженный работник сельского хозяйства, профессор кафедры ФГБОУ ВПО «Пензенский ГАУ»
ЛЯЛЯКИН Валентин Павлович — доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
МИЩЕНКО Сергей Владимирович — доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ, лауреат премии Правительства РФ в области образования, член Национального комитета по теплофизическим свойствам веществ РАН, ФГБОУ ВО ТГТУ
ПОПОВ Владимир Дмитриевич — академик РАН, доктор технических 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, доктор технических 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, главный научный сотрудник ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
ФЕДОРЕНКО Вячеслав Филиппович — академик РАН**,** доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ, директор ФГБНУ «Росинформагротех»
REZA Ambrishambaf — PhD, Vice Rector of Eastern Mediterranean University, Centro Algoritmi University of Minho Campus of Azurem, Portugal
MAJID Hashemipour — PhD Manufacturing Engineering, Professor, Vice 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.
№ 5 (29) 25.10.2017, 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 № ФС 77 - 66036 от 10.06.2016 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», 2017

«НАУКА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ» **«SCIENCE IN THE CENTRAL RUSSIA»**
Научно-производственный периодический журнал The research-and-production periodic magazine
№5 (29), 2017 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»

технологии в животноводстве и растениеводстве, эффективное использование отечественной и зарубежной сельскохозяйственной техники

ОСТРИКОВ Валерий Васильевич — доктор технических наук, зав. лабораторией использования смазочных материалов и отработанных нефтепродуктов, ФГБНУ ВНИИТиН
ШУВАЛОВ Анатолий Михайлович — доктор технических наук, профессор, зав. лабораторией использования альтернативных источников энергии взамен жидкого топлива, ФГБНУ ВНИИТиН
ПЕТРАШЕВ Александр Иванович — доктор технических наук, зав. лабораторией организации хранения и защиты техники от коррозии, ФГБНУ ВНИИТиН
ЕРОХИН Геннадий Николаевич — кандидат технических наук, зав. лабораторией эксплуатационных требований к сельскохозяйственной технике, ФГБНУ ВНИИТиН

Технология продовольственных продуктов

ТИШАНИНОВ Николай Петрович — доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории управления качеством технологических процессов в сельском хозяйстве, ФГБНУ ВНИИТиН
ДОРОВСКИХ Владимир Иванович — кандидат технических наук, зав. лабораторией управления качеством технологических процессов в животноводстве, ФГБНУ ВНИИТиН

Агрономия

ТРУНОВ Юрий Викторович — доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Всероссийский институт садоводства им. И.В. Мичурина

Ветеринария и Зоотехния

ЭНГОВАТОВ Вячеслав Федорович — доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории технологии производства свинины, ФГБНУ ВНИИТиН
ШУЛАЕВ Геннадий Михайлович — кандидат сельскохозяйственных наук, зав. лабораторией технологии производства свинины, ФГБНУ ВНИИТиН
ФИЛИППОВА Ольга Борисовна — кандидат биологических наук, зав. лабораторией технологии производства молока и говядины, ФГБНУ ВНИИТиН

Экономика и управление народным хозяйством (АПК и сельское хозяйство)

САЗОНОВ Сергей Николаевич — доктор технических наук, профессор, зав. лабораторией использования производственных ресурсов в фермерских хозяйствах, ФГБНУ ВНИИТиН
СОЛОПОВ Владимир Алексеевич — доктор экономических наук, профессор, проректор по научной и инновационной работе ФГБОУ ВО 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», 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

Тишанинов Николай Петрович, Анашкин Александр Витальевич
ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ СЕМЯН ЛЬНА И ГРЕЧИШКИ ВЬЮНКОВОЙ ИЗ ЗЕРНОСМЕСИ 5
Tishaninov Nikolay, Anashkin Alexander
REGULARITIES OF ALLOCATION FLAX SEEDS AND BINDWEED BUCKWHEAT OF THE GRAIN MIXTURE 6
Тишанинов Константин Николаевич
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕДЕЛЬНОЙ СКОРОСТИ РЕШЕТА С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ ГРОХОТА 12
Tishaninov Konstantin
RESEARCH OF THE SPEED LIMIT RUMBLE WITH COMPUTER SCREEN MODEL 13
Балашов Александр Владимирович
ИННОВАЦИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ 21
Balashov Alexander
INNOVATIONS IN SUGAR BEET PRODUCTION 22
Завражнов Анатолий Иванович, Балашов Александр Владимирович, Пустоваров Никита Юрьевич
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПАРАМЕТРОВ ДАТЧИКОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В СИСТЕМЕ КОНТРОЛЯ ВЫСЕВА СЕМЯН ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР 28
Zavrazhnov Anatoly, Balashov Alexander, Pustovarov Nikita Y.
THE RESULTS OF RESEARCH ON THE PARAMETERS OF THE SENSORS USED IN THE SEED GROWING CONTROL SYSTEM OF TILLED CROPS 29
Лебедев Анатолий Тимофеевич, Искендеров Рамиль Рашидович, Шумский Александр Сергеевич
ВЛИЯНИЕ РАБОЧЕГО ЗАЗОРА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ЗЕРНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ В ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ РОТОРНОЙ ДРОБИЛКЕ 36
Lebedev Anatoly, Iskenderov Ramil, Shumsky Alexandr
INFLUENCE OF THE WORKING GAP ON EFFECTIVENESS OF GRINDING GRAIN MATERIALS IN A HORIZONTAL ROTARY CRUSHER 36
Лебедев Анатолий Тимофеевич, Марьин Николай Александрович, Захарин Антон Викторович, Лебедев Павел Анатольевич, Павлюк Роман Владимирович
ИЗНОС ОТВЕРСТИЙ ДОЗИРУЮЩЕГО ДИСКА ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ПРОПАШНОЙ СЕЯЛКИ 43
Lebedev Anatoly, Marin Nikolay, Zakharin Anton, Lebedev Pavel, Pavlyuk Roman
MECHANISM OF WEAR OF THE EDGE OF THE EDGE OF THE OPENING DISC OF THE PNEUMATIC DRILLING SEED 44
РАБОЧИЕ ПОВЕРХНОСТИ ШПОНОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ 50
Лебедев Анатолий Тимофеевич, Павлюк Роман Владимирович, Захарин Антон Викторович, Лебедев Павел Анатольевич, Жевора Юрий Иванович, Зубенко Елена Васильевна
Lebedev Anatoly, Pavlyuk Roman, Zakharin Anton, Lebedev Pavel, Jevora Yurii, Zubenko Elena
WORKING SURFACES OF KEYED JOINTS OF COMBINE HARVESTERS 51
Капустин Василий Петрович, Кузин Антон Владимирович
МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОГО ИЗНОСА БИЧА МОЛОТИЛЬНОГО БАРАБАНА 57
Kapustin Vasilii, Kuzin Anton
METHODOLOGY FOR THE DETERMINATION OF THE MAXIMUM WEAR OF THE BEACONS OF THE MOLLOYAL DRUM 57
Федоров Александр Георгиевич, Криков Аркадий Максимович
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ 61
Fedorov Alexander, Krikov Arkady
THE EFFECTIVENESS OF THE SYSTEM OF INFORMATION SUPPORT FOR MAINTENANCE OF TRUCKS 62
Шувалов Анатолий Михайлович, Машков Алексей Николаевич
РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА СОИ 69
Shuvalov Anatoliy, Mashkov Alexey
CALCULATION OF INSTALLATION PARAMETERS FOR THE ELECTROTHERMAL TREATMENT OF SOYBEAN 70
Аль-Саади Дар Али Юсиф, Першин Владимир Федорович, Дивин Александр Георгиевич, Мозгова Галина Владимировна, Остриков Валерий Васильевич
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ДЛЯ ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ГРАФЕНОМ 75
Al-Saadi D.A.Y., Pershin Vladimir, Divin Alexander, Mozgova Galina, Ostrikov Valery
DETERMINATION OF THE COEFFICIENT OF THERMAL CONDUCTIVITY FOR GREASES MODIFIED

WITH GRAPHENE 76
Лебедев Анатолий Тимофеевич, Захарин Антон Викторович, Лебедев Павел Анатольевич, Павлюк Роман Владимирович, Марьин Николай Александрович
РАСХОД ТОПЛИВА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ 83
Lebedev Anatoly, Zakharin Anton, Lebedev Pavel, Pavlyuk Roman, Marin Nikolay
FUEL CONSUMPTION WHEN PERFORMING TECHNOLOGICAL OPERATIONS 84
Кузьменко Сергей Леонидович, Родионов Юрий Викторович, Капустин Василий Петрович, Никитин Дмитрий Вячеславович
ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНЦЕНТРАТА ИЗ КИПРЕЯ УЗКОЛИСТНОГО В ПРОИЗВОДСТВЕ НАПИТКОВ 92
Kuzmenko Sergey, Rodionov Yuri, Kapustin Vasily, Nikitin Dmitry
TECHNOLOGY OF OBTAINING AND PROSPECTS OF USING THE WILLOW HERB CONCENTRATE IN THE PRODUCTION OF DRINKS 93
Абоносимов Олег Аркадьевич, Лазарев Сергей Иванович, Стрельников Александр Евгеньевич, Дмитриев Вячеслав Михайлович, Котенев Сергей Игоревич
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭЛЕКТРОБАРОМЕМБРАННОГО УДАЛЕНИЯ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ 101
Abonosimov Oleg, Lazarev Sergey, Strelnikov Alexander, Dmitriev Vyacheslav, Kotenev Sergey
ECOLOGICAL EFFICIENCY OF ELECTROBAROMEMBRANE REMOVING IONS OF HEAVY METALS FROM SEWAGE WATERS OF AGRICULTURAL ENTERPRISES 102
Краснослободцева Ангелина Сафроновна
ПРЕМИКС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОРГАНИЧЕСКИХ СЕЛЕНА И ЙОДА 110
Krasnoslobodtseva Angelina
PREMIX WITH USE OF ORGANIC SELENIUM AND IODINE 110

УДК 631.303

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ СЕМЯН ЛЬНА И ГРЕЧИШКИ ВЬЮНКОВОЙ ИЗ ЗЕРНОСМЕСИ

Тишанинов Николай Петрович
доктор технических наук, профессор, E-mail: av-anashkin@mail.ru
Анашкин Александр Витальевич
кандидат технических наук, E-mail: av-anashkin@mail.ru
ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, Тамбов

Реферат. *Изучали динамику выделения семян льна и гречишки вьюнковой из зерносмеси ячеистой поверхностью. Использовали базовые положения классической теории триеров, разработанные методики исследований ячеистых поверхностей, созданные стендовое оборудование и приборы. Определены физико-механические свойства примесных компонентов, дана оценка их осаждения (сегрегации) в слое основной культуры. Показана динамика выделения масс примесных компонентов из зерносмеси. Установлено, что продолжительность выделения семян льна из зерносмеси, в зависимости от исходного содержания (1…5%) составляет 100-150 с, степень выделения примесного компонента – 97 - 99%. Определено, что эквивалентная длина ячеистой поверхности кукольного цилиндра 4 – 6 м обеспечивает этот уровень степени выделения семян льна, что превосходит возможности существующих триерных блоков. Показано, что требуемый уровень остаточной засоренности зерносмеси (0,4%) может быть обеспечен при сокращении рабочей длины ячеистой поверхности кукольного цилиндра. Установлено, что диапазон степени выделения семян льна из зерносмеси стандартным кукольным цилиндром 60 - 86,7%, достаточен для исходной засоренности зерносмеси семенами льна, составляющей 1 - 3%. Определена динамика выделения гречишки вьюнковой из зерносмеси, анализ которой подтверждает, что стандартный кукольный цилиндр обеспечивает степень выделения этого примесного компонента, близкую к 100%, что связано с высоким уровнем динамической сегрегации семян гречишки вьюнковой в слое основной культуры. Установлено, что интенсивность динамической сегрегации семян гречишки вьюнковой увеличивается с ростом ее концентрации в зерносмеси. Уровень неизбежных потерь зерновок основной культуры в процессе разделения зерносмеси за счет случайного их захвата ячеями и инерционного удержания в ориентированном положении составляет 0,7…1,1%. Обосновано, что технологические возможности существующих триерных блоков обеспечивают требуемое качество процесса при выделении исследуемых компонентов из зерносмесей с засоренностью до 3 %.*

Ключевые слова. *Разделение зерносмесей, примесные компоненты, режимы работы, степень выделения, технологические потери.*

REGULARITIES OF ALLOCATION FLAX SEEDS AND BINDWEED BUCKWHEAT OF THE GRAIN MIXTURE

Tishaninov Nikolay,
Full Doctor of Technical Sciences, professor, E-mail: av-anashkin@mail.ru
Anashkin Alexander,
candidate of technical Sciences, E-mail: av-anashkin@mail.ru
FSBSI All-Russian Scientific Research Institute of Use of Machinery and Oil Products in Agriculture, Tambov

Abstract. *Dynamics of allocation of flax seeds and buckwheat seedwort from a grain mix with a cellular surface were studied. The basic provisions of the classical theory of the trier, the developed methods for studying cellular surfaces, created bench equipment and instruments were used. The physical-mechanical properties of impurity components are determined, the estimation of their deposition (segregation) in the main culture layer is given. The dynamics of the separation of masses of impurity components from a grain mix is shown. It is established that the duration of separation of flax seeds from a grain mix, depending on the initial content (1 ... 5%) is 100 ... 150 seconds, the degree of separation of the impurity component is 97 - 99%. It is determined that the equivalent length of the mesh surface of the puppet cylinder 4-6 m provides this level of separation of flax seeds, which exceeds the capabilities of existing triere blocks. It is shown that the required level of residual weediness of the grain mix (0.4%) can be provided by reducing the working length of the mesh surface of the puppet cylinder. It is established that the range of the degree of separation of flax seeds from a grain mix by a standard puppet cylinder is 60 - 86.7%, sufficient for the initial contamination of the grain mixture with flax seeds, which is 1-3%. The dynamics of the isolation of the buckwheat from the cornmeal mixture is determined, the analysis of which confirms that the standard puppet cylinder provides a degree of isolation of this impurity component close to 100%, which is associated with a high level of dynamic segregation of the seeds of buckwheat in the base culture layer. The level of unavoidable losses of grain of the main crop in the process of grain-mixture separation due to accidental capture by mice and inertial confinement in the oriented position is 0.7 ... 1.1%. It is substantiated that the technological capabilities of the existing triere units ensure the required quality of the process when the investigated components are isolated from grain mixtures with a weediness of up to 3%.*

Keywords. *Separation of grain mixtures, impurity components, operating modes, degree of separation, technological losses.*

Введение. Возможности для исследований динамики выделения примесных компонентов из зерносмесей появились с созданием в ФГБНУ ВНИИТиН специальных стендов и приборов [1–7]. Эти исследования необходимы для модернизации существующих триерных блоков в части сбалансирования качества процессов, протекающих последовательно в овсюжном и кукольном цилиндрах. Продолжительность процесса разделения и его качество существенно зависят от физико-механических свойств примесных компонентов [8]. Специфика физико-механических свойств семян льна и гречишки вьюнковой заключается в том, что длина семян льна несколько превышает размер ячей кукольного цилиндра, а семена гречишки вьюнковой имеет существенно больший угол внутреннего трения,

чем зерновки основной культуры (пшеницы). Длина семян льна снижает вероятность их захвата ячеями кукольного цилиндра и интенсивность динамической сегрегации в среде основной культуры, а семена гречишки вьюнковой обладают повышенными фрикционными свойствами, что определяет актуальность исследований по разделению зерносмесей с их содержанием.

Методы и средства. В работе использовались базовые положения классической теории триеров, разработанные методики исследований ячеистых поверхностей, созданные стендовое оборудование и приборы.

Результаты и обсуждение. Семена льна и гречишки вьюнковой (рисунки 1 и 2) имеют сопоставимую с основной культурой насыпную плотность – 687 и 467 кг/м^3, соответственно.

Однако, они существенно отличаются от зерновок основной культуры по форме и размерам.

Рисунок 1 – Семена льна

Рисунок 2 – Семена гречишки вьюнковой

Средний продольный размер семян льна составляет 4,53 мм, что превышает размер ячей кукольного цилиндра и обуславливает снижение вероятности их захвата ячеями. Семена гречишки вьюнковой имеют треугольное поперечное сечение, а угол их внутреннего трения в 1,38 раза выше аналогичного показателя пшеницы. Эти отличия оказывают существенное влияние на интенсивность динамической сегрегации семян гречишки вьюнковой в слое основной культуры.

Отличительной особенностью динамики выделения семян льна из пшеницы является кратное увеличение продолжительности процесса в сравнении с выделением проса. При исходной засоренности пшеницы семенами льна $З_и$ = 1% процесс продолжается 20 интервалов времени по 5 с, достигая степени выделения С = 97%; при $З_и$ = 3 - 5% продолжительность процесса составляет 30 интервалов, обеспечивая С = 98,8% (рисунки 3, 4).

Повышение времени выделения примеси с ростом ее концентрации в зерносмеси объясняется слабой реализацией потенциала динамической сегрегации с ростом циклов выделения, в сравнении с легковыделяемой примесью [1]. Этот эффект проявляется лишь в шестом и последующих интервалах времени в незначительной степени. Во втором интервале еще наблюдается обратная взаимосвязь с потенциалом сегрегации, а долевое выделение составляет 26,4 - 34%, что в 2 - 2,5 раза ниже, чем при выделении проса, хотя интенсивность выделения примеси в 2-ом интервале самая высокая.

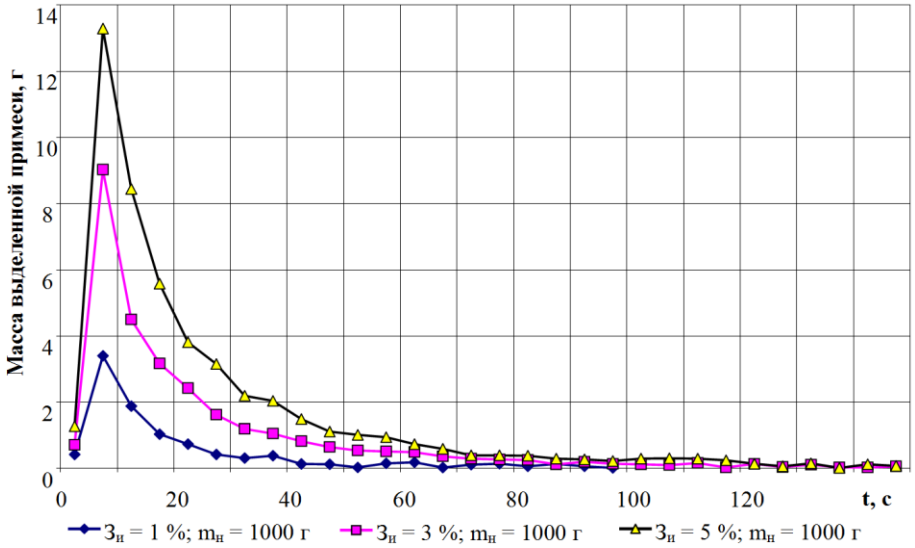


Рисунок 3 – Динамика разделения зерносмеси "пшеница-лен"

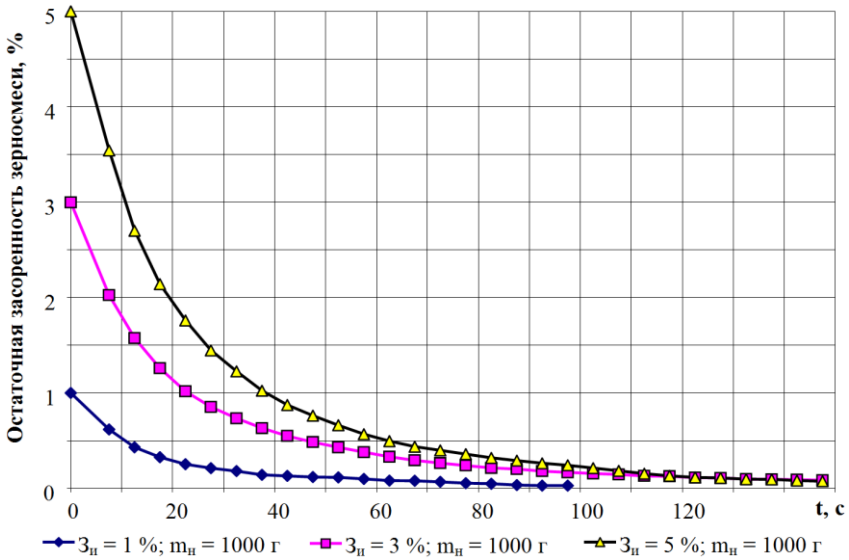


Рисунок 4 – Остаточная засоренность зерносмеси "пшеница-лен"

Если переносить выявленную динамику процесса на стандартный кукольный цилиндр, то ориентировочная его рабочая длина ($L_р$) при С = 96,8 - 98,8% и $V_с$ = 0,05 м/с для различной исходной засоренности ($З_и$) составит: $З_и$ = 1% → $L_р$ = 4м; $З_и$ = 3% → $L_р$ = 6,1м; $З_и$ = 5% → $L_р$ = 6,1 м. Выравнивание $L_р$ при $З_и$ = 3…5% объясняется некоторым нарастанием динамической сегрегации семян льна в основной культуре, но указанный диапазон С стандартным кукольным цилиндром не может быть обеспечен. Однако указанному диапазону степени выделения примеси (С) соответствует весьма высокие показатели остаточной засоренности зерносмеси – 0,03 - 0,09%. Для реального уровня остаточной зерносмеси (0,4%) достаточна меньшая продолжительность процесса в зависимости от исходной засоренности зерносмеси семенами льна: $З_и$ = 1% → 4 интервала времени выделения, 13,8 циклов; $З_и$ = 3% → 11 интервалов, 43 цикла; $З_и$ = 5% → 14 интервалов, 55,5 циклов.

Из проведенных расчетов видно, что заданную остаточную засоренность $[З_о]$ = 0,4% стандартный кукольный цилиндр обеспечит при исходной засоренности зерносмеси семенами льна в диапазоне $З_и$ = 1 - 3%. Однако, при этом степень выделения примесного компонента составит 60…86,7%. Поэтому семена льна нельзя считать легковыделяемым примесным компонентом.

Остаточная засоренность может быть задана на разном уровне с учетом требований к качеству конечного продукта и специфических свойств примесных компонентов. Взаимосвязь $З_о = f(З_и, С)$ представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Взаимосвязь исходной засоренности ($З_и$) с требуемой степенью выделения ([С]) для заданных уровней остаточной засоренности ($[З_о]$)

№ п/п	Исходная засоренность зерносмеси ($З_и$), %	Масса примеси в навеске, г	Степень выделения примеси (С,%) для заданных уровней остаточной засоренности ($[З_о]$,%)					
			0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
1	1,0	10	90	80	70	60	50	40
2	2,0	20	95	90	85	80	75	70
3	3,0	30	96,7	93,3	90	86,7	83,3	80
4	4,0	40	97,5	95	92,5	90	87,5	85
5	5,0	50	98	96	94	92	90	88

Основной причиной высокой продолжительности выделения семян льна из зерносмеси является соизмеримость и даже превышение их длины (4,53 мм) над размерами ячей. Это снижает эффект динамической сегрегации семян льна в слое основной культуры многократно, их захват ячеями становится менее вероятным. По этой же причине ячеи кукольного цилиндра с меньшей вероятностью захватывают зерновки основной культуры и подают их в лоток. Этот процесс определяет неизбежный уровень потерь, который возрастает с увеличением числа циклов выделения. В исследованном диапазоне $З_и$ они возрастают от 2,5 до 3,85%. По другим физико-механическим свойствам семена льна незначительно отличаются от проса. Их насыпная плотность лишь на 9% ниже, а угол внутреннего трения на $2,7^0$ больше чем у проса. При стационарной сегрегации семена льна также склонны к осаждению в слое пшеницы. Поэтому эффект динамической сегрегации семян льна в кукольном цилиндре снижается пропорционально соотношению доли ориентированных продольной осью по направлению вращения и захваченных ячеями к остальной части, которая выедается контактирующим слоем сегмента.

Свойства семян гречишки вьюнковой существенно отличаются от свойств семян льна, проса и основной культуры, что отражается на динамике их выделения (рисунки 5 и 6). При исходной засоренности зерносмеси $З_и$ = 1% степень выделения примесного компонента С = 98,7% достигается за 5 интервалов времени по 5 с (18 циклов). Еще большая степень выделения (С = 99,7%) обеспечивается за 8 и 7 интервалов при $З_и$ равном соответственно 3 и 5%. Сокращение времени выделения примесного компонента при максимальной исходной засоренности ($З_и$ = 5%) объясняется ростом потенциала сегрегации – абсолютного значения массы примесного компонента в зерносмеси.

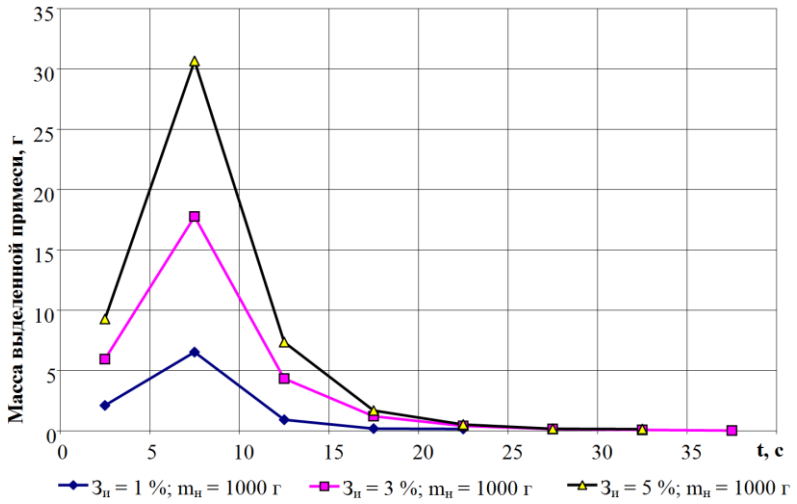


Рисунок 5 –Динамика разделения зерносмеси "пшеница – гречишка вьюнковая"

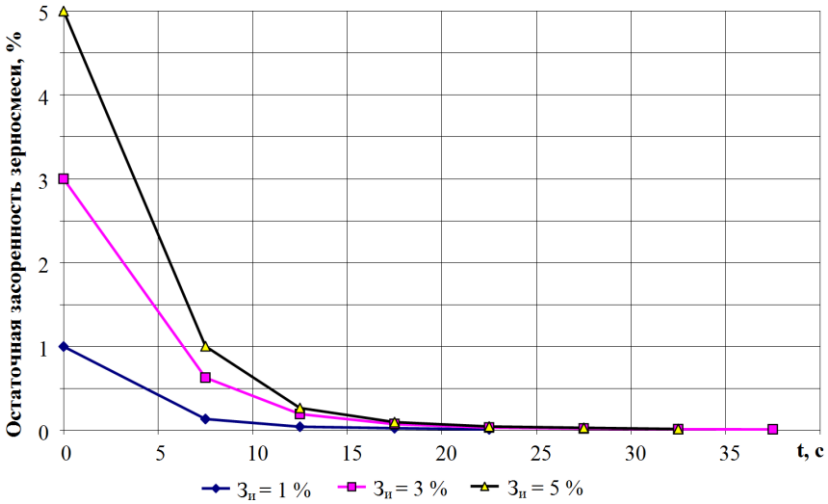


Рисунок 6 – Остаточная засоренность зерносмеси "пшеница-гречишка вьюнковая

Во всем диапазоне исходной засоренности выделение семян гречишки вьюнковой на уровне 99% и выше обеспечивается за 6 интервалов времени по 5 с (22 цикла). Поэтому ее следует отнести к легковыделяемым примесным компонентам.

В сравнении с семенами сорго семена гречишки вьюнковой имеют сопоставимые линейные размеры – разница не превышает 3,5%, у нее угол внутреннего трения на $2{,}8^0$ больше (на 9%), но семена гречишки вьюнковой обладают существенно большим эффектом динамической сегрегации в слое пшеницы. При $З_и$ = 5% продолжительность ее выделения в 2 раза меньше, чем у сорго, причем с большей степенью выделения на 1%. Возможно это связано со стреловидной трехреберной формой семян гречишки вьюнковой.

Эффект динамической сегрегации семян гречишки вьюнковой в сравнении с динамикой выделения проса из пшеницы наступает позднее (с третьего интервала) и проявляет себя в меньшей степени. В первом интервале времени долевое выделение примеси составляет 18,5 - 21% в зависимости от $З_и$ при преимуществе зерносмеси с меньшей концентрацией примесного компонента ($З_и$ = 1%). Во втором интервале времени долевое выделение примеси возрастает до 59,2 - 65,3%, сохраняя преимущество меньшей концентрации примеси. В последующих интервалах проявляет себя потенциал динамической сегрегации –

интенсивность выделения примесного компонента при большей концентрации в зерносмеси ($З_и$ = 5%) становится выше в 1,6 - 1,8 раза.

Выводы. При пониженной динамической сегрегации семян льна в слое основной культуры стандартные кукольные цилиндры обеспечивают степень их выделения на уровне 60…86,7% при исходной засоренности 1 - 3%. Динамика выделения гречишки вьюнковой из зерносмеси подтверждает, что стандартный кукольный цилиндр обеспечивает степень выделения этого примесного компонента, близкую к 100 %. Достаточно высокая динамика выделения семян гречишки вьюнковой из зерносмеси сопровождается снижением вероятности захвата и выноса из сегмента в лоток зерновок основной культуры. Их масса, которая определяет уровень потерь пшеницы в технологическом процессе, составляет 0,7 - 1,1%. Это в 3,5 раза меньше, чем при выделении семян льна из пшеницы.

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. Патент РФ № 2616201 Стенд для испытаний ячеистых поверхностей. / Тишанинов Н.П., Анашкин А.В. – Заявка № 2016108182 от 09.03.2016. Опубл. 13.04.2017. Бюл. № 11.

4. Тишанинов Н.П. Обоснование режимов работы и параметров прибора для рассева проб зерносмесей / Н.П. Тишанинов, А.В. Анашкин, Х.Д.Д. Альшинайиин // Наука в центральной России. – 2016. – № 3 (21). – С. 74-80.

5. Тишанинов Н.П. Обоснование параметров стенда циклического действия для исследований ячеистых поверхностей / Н.П. Тишанинов, А.В. Анашкин, Х.Д.Д. Альшинайиин // Наука в центральной России. – 2016. – № 4 (22). – С. 90-98.

6. Тишанинов Н.П. Обоснование оптимальных параметров и режимов работы прибора для разделения зерносмесей по длине частиц / Н.П. Тишанинов, А.В. Анашкин, Х.Д.Д. Альшинайиин // Наука в центральной России. – 2017. – № 1 (25). – С. 10-19.

7. Тишанинов Н.П., Анашкин А.В. Исследование динамической сегрегации примеси при выделении проса из пшеницы // Наука в центральной России. – 2017. – № 2 (26). –С. 69-77.

8. Тишанинов Н.П., Анашкин А.В. Результаты поисковых исследований прибора для разделения зерносмесей // Наука в центральной России. – 2016. – № 5 (23). – С. 37-44.

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. Patent RF № 2616201 Stend dlya ispihtaniyj yacheistihkh poverkhnosteyj. / Tishaninov N.P., Anashkin A.V. – Zayavka № 2016108182 ot 09.03.2016. Opubl. 13.04.2017. Byul. № 11.

4. Tishaninov N.P. Obosnovanie rezhimov rabotih i parametrov pribora dlya rasseva prob zernosmeseyj / N.P. Tishaninov, A.V. Anashkin, Kh.D.D. Aljshinayjiin // Nauka v centraljnoyj Rossii. – 2016. – № 3 (21). – S. 74-80.

5. Tishaninov N.P. Obosnovanie parametrov stenda ciklicheskogo deyjstviya dlya issledovaniyj yacheistihkh poverkhnosteyj / N.P. Tishaninov, A.V. Anashkin, Kh.D.D. Aljshinayjiin // Nauka v centraljnoyj Rossii. – 2016. – № 4 (22). – S. 90-98.

6. Tishaninov N.P. Obosnovanie optimaljnihkh parametrov i rezhimov rabotih pribora dlya razdeleniya zernosmeseyj po dline chastic / N.P. Tishaninov, A.V. Anashkin, Kh.D.D. Aljshinayjiin // Nauka v centraljnoyj Rossii. – 2017. – № 1 (25). – S. 10-19.

7. Tishaninov N.P., Anashkin A.V. Issledovanie dinamicheskoj segregacii primesi pri vydelenii prosa iz pshenicy // Nauka v central'noj Rossii. – 2017. – № 2 (26). –S. 69-77.

8. Tishaninov N.P., Anashkin A.V. Rezul'taty poiskovyh issledovanij pribora dlja razdelenija zernosmesej // Nauka v central'noj Rossii. – 2016. – № 5 (23). – S. 37-44.

УДК 631.303

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕДЕЛЬНОЙ СКОРОСТИ РЕШЕТА С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ ГРОХОТА

Тишанинов Константин Николаевич,
кандидат технических наук, E-mail: TishaninovKN@lenta.ru
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Тамбов

Реферат. *Известно, что повысить эффективность решетной очистки можно подобрав оптимальный кинематический режим работы грохота. Экспериментально установлено, что с возрастанием скорости решета до оптимального значения (предельная скорость грохота), эффективность очистки возрастает линейно до максимума. Показано, что дальнейшее увеличение скорости решета приводит к тому, что эффективность решетной очистки резко падает. Известно также теоретическое понятие о критической скорости зерна, превышение которой ведет к тому, что зерно пролетает над отверстием, не успевая в него запасть. Установлено, что предельную скорость грохота можно выразить через критическую скорость зерна воспользовавшись дифференциальными уравнениями М.Н. Летошнева для гармонических колебаний решета. Полученная аналитическая зависимость позволяет установить взаимосвязь между кинематическими и конструктивными параметрами грохота и параметрами зерна (размеры, вид культуры, угол динамического трения и др.), но данная взаимосвязь применима при малых загрузках решета и на небольшом участке его длины. Полученная формула для нахождения предельной скорости решета позволяет определить один из экстремумов зависимости эффективности решетной очистки от скорости грохота (дальнейшее увеличение скорости грохота вновь приводит к росту эффективности решетной очистки). С помощью компьютерной модели грохота проведен полный факторный эксперимент для уточнения*

основных значимых факторов, определяющих эффективность решетной очистки и предельной скорости грохота. Полученная линейная модель «от простого к сложному» модифицируется с помощью теоретического анализа и экспериментальных данных.

Ключевые слова: *предельная скорость грохота, эффективность решетной очистки, компьютерное моделирование, полный факторный эксперимент.*

RESEARCH OF THE SPEED LIMIT RUMBLE WITH COMPUTER SCREEN MODEL

Tishaninov Konstantin
candidate of technical Sciences
senior researcher, all-Russian research Institute for using machinery and oil products in agriculture,
E-mail: TishaninovKN@lenta.ru

Abstract. *It is known that to improve the efficiency of cleaning the sieve it is possible to find the optimal kinematic mode of operation of the screen. It was established experimentally that with increasing speed of the sieve to the optimum value (speed limit of crashing), the cleaning efficiency increases linearly to the maximum. It is shown that a further increase in the sieve velocity leads to the fact that the efficiency of the lattice cleaning sharply decreases. It is also known theoretical concept of the critical speed of the grain, the excess of which leads to the fact that the grain passes over the hole without having it fall. It is established that the speed limit of crashing can be expressed through the critical speed of the grain using differential equations M. N. Letoshnev for harmonic sieve. Obtained analytical dependence allows to establish the relationship between kinematics and structural parameters of the roar and the parameters of the grains (size, type of culture, the dynamic friction angle, etc.), but this relationship is applicable for small loads the sieves and on a small part of its length. The obtained formula for finding the limiting speed of the sieve makes it possible to determine one of the extremes of the dependence of the lattice cleaning efficiency on the screening speed (a further increase in the screening speed again leads to an increase in the efficiency of screen cleaning). A full factor experiment to clarify the main significant factors that determine the efficiency of screen cleaning and the limiting speed of the screen was carried out using a computer screening model. The obtained linear model "from simple to complex" modificeres with the help of theoretical analysis and experimental data.*

Key words: *the speed limit of the screen, the efficiency of the sieve of purification, computer simulation, full factorial experiment.*

Введение. Связать кинематические, конструктивные параметры решета и параметры исходного вороха можно воспользовавшись дифференциальными уравнениями М.Н. Летошнева для гармонических колебаний решета (Формула 1) [1].

$$V_{пр} \le \frac{K_{Г}(l-r)\sqrt{\frac{g}{2r}} - C_{кр}}{\delta \cdot K_{кр}} + (K_{П}q - C_{П}), \qquad (1)$$

где $K_Г$ – поправочный коэффициент к формуле В.П. Горячкина, который установлен опытным путем ($K_Г \approx 1,2...1,4$); l – диаметр круглого отверстия, мм; r - радиус шарообразного зерна, мм; $\delta = \cos(\varepsilon + \alpha + \varphi) / \cos(\varphi)$; α – угол наклона плоскости, град; ε – угол, определяющий ось колебаний грохота, град; φ – угол трения, град; $K_{кр}$ - коэффициент соответствия предельной и критической скоростей, $K_{кр} \approx 0,5...0,7$. $C_{кр}$ – коэффициент, определяющий начальное значение критической скорости (зависит от вида культуры, динамического угла трения (ρ) и др.), $C_{кр} \approx -0,05...0,2$ м/с; $K_П$ – коэффициент соответствия предельной скорости и удельной подачи, $K_П \approx 0,2...0,3$ м^3/кг; $C_П$ - коэффициент, определяющий начальное значение предельной скорости, м/с.

Полученная формула для нахождения предельной скорости решета позволяет определить один из экстремумов зависимости эффективности решетной очистки от скорости грохота (дальнейшее увеличение скорости грохота вновь приводит к росту эффективности решетной очистки) (Рисунок 1). Поэтому, для определения предельной скорости грохота необходимо проводить дополнительные исследования.

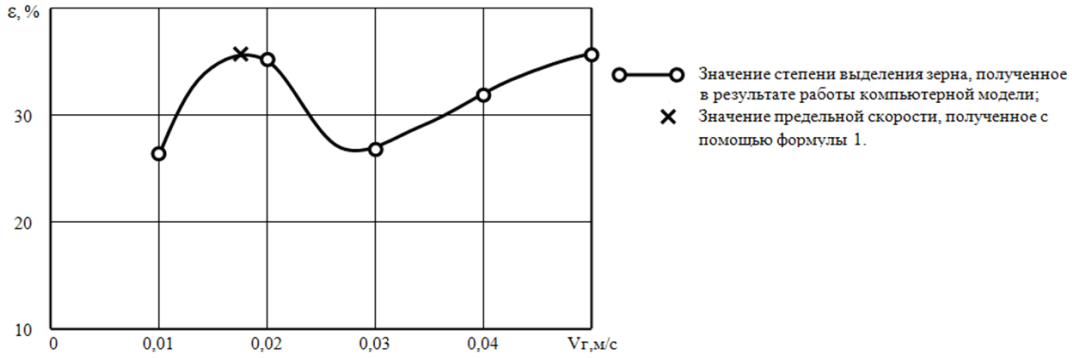


Рисунок 1 – зависимость степени выделения зерна от скорости движения грохота (получена с помощью компьютерной модели)

Целью исследований - исследование предельной скорости решета с помощью компьютерной модели грохота.

Материалы и методы. В данной работе используются: формула для нахождения предельной скорости грохота (применима при малых загрузках решета и на небольшом участке его длины), компьютерная модель грохота, теория планирования многофакторного эксперимента.

Результаты и обсуждение. Теоретический анализ предельной скорости грохота выявил два существенных фактора, которые ее определяют – это дельта (разница) размеров отверстия и радиуса шарообразного зерна ($\Delta = R_{отв} - R_{зерн}$) и удельная нагрузка на решето (q):

$$V_{пр} = f(\Delta, q). \quad (2)$$

Чтобы выяснить значимость каждого из факторов проведем полный факторный эксперимент с помощью компьютерной модели грохота (Рисунок 2) [2].

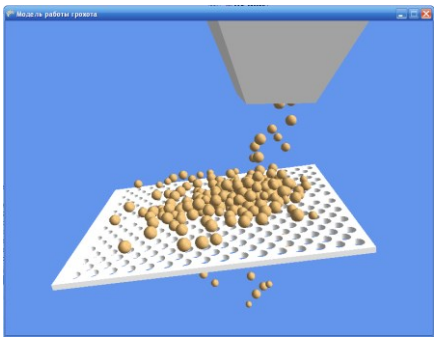


Рисунок 5 – Компьютерная модель работы грохота

Факторами варьирования X_1, X_2, X_3 будут скорость грохота (V), дельта размеров отверстия и зерна (Δ) и удельная нагрузка на решето (q) соответственно, а функцией отклика (Y) – степень выделения зерна (ε):

$$\varepsilon = f(V, \Delta, q).$$

Предположим, что модель исследуемого процесса является линейной, тогда функцию отклика (Y) можно представить, как полином первого порядка [3]:

$$Y = b_0 + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2 + b_3 \cdot X_3 + b_{12} \cdot X_1 \cdot X_2 + b_{23} \cdot X_2 \cdot X_3 + b_{13} \cdot X_1 \cdot X_3.$$

Таблица 1 – Диапазоны варьирования факторов

Фактор варьирования	Обозначение	Нижний предел варьирования	Верхний предел варьирования
V	X_1	0,2 м/с	0,4 м/с
Δ	X_2	0,25 мм	0,5 мм
q	X_3	1	2

Важно определить, что под радиусом зерна $(R_{зерн})$ понимается среднее значение радиусов зерен, которые могут пройти через отверстие решета. Определим центры плана факторов (X_{10} = 0,3 м/с, X_{20} = 0,375 мм, X_{30} = 1,5) и шаги варьирования (ΔX_1 = 0,1 м/с, ΔX_2 =0,125мм, ΔX_3 = 0,5), тогда получим диапазоны варьирования факторов (Таблица 1), причем, центры плана факторов и шаги варьирования подбирались таким образом, чтобы выполнялось условие:

$$\frac{X_{10} + \Delta X_1}{X_{10} - \Delta X_1} = \frac{X_{20} + \Delta X_2}{X_{20} - \Delta X_2} = \frac{X_{30} + \Delta X_3}{X_{30} - \Delta X_3} = 2.$$

Величина подачи выражена в условных единицах.

Опыты проводились в двух повторностях, причем, для исключения ошибок порядок проведения опытов будет случайным [4]: первая серия опытов – 5 2 6 7 8 1 4 3, вторая серия опытов – 9 11 13 12 10 15 16 14 (Таблица 2). После проведения опытов значения функции отклика заносятся в таблицу 2.

Определим основные коэффициенты полинома по формуле:

$$b_i = \sum_{\xi-1}^{N} \frac{X_{\xi i} \cdot Y_{cpi}}{N}. \quad (3)$$

$$b_0 = \frac{72,5 + 69 + 71 + 67,5 + 77 + 72,5 + 75 + 79}{8} = 72,9375 \ ,$$

$$b_1 = \frac{-72,5 + 69 - 71 + 67,5 - 77 + 72,5 - 75 + 79}{8} = -0,9375 \ ,$$

$$b_2 = \frac{-72,5 - 69 + 71 + 67,5 - 77 - 72,5 + 75 + 79}{8} = 0,1875 \ ,$$

Таблица 2 – Матрица планирования и результаты экспериментов

Номер	Порядок проведения опыта	X_0	X_1	X_2	X_3	X_1X_2	X_1X_3	X_2X_3	$X_1X_2X_3$	Y_1	Y_2	$Y_{ср}$
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
1	5 9	+	-	-	-	+	+	+	-	74	71	72,5
2	2 11	+	+	-	-	-	-	+	+	66	72	69
3	6 13	+	-	+	-	-	+	-	+	71	71	71
4	7 12	+	+	+	-	+	-	-	-	68	67	67,5
5	8 10	+	-	-	+	+	-	-	+	74	80	77
6	1 15	+	+	-	+	-	+	-	-	71	74	72,5
7	4 16	+	-	+	+	-	-	+	-	77	73	75
8	3 14	+	+	+	+	+	+	+	+	78	70	79

Тогда

$$b_3 = \frac{-72,5 - 69 - 71 - 67,5 + 77 + 72,5 + 75 + 79}{8} = 2,9375 \ ,$$

$$b_{12} = \frac{72,5 - 69 - 71 + 67,5 + 77 - 72,5 - 75 + 79}{8} = 1,0625 \ ,$$

$$b_{23} = \frac{72,5 + 69 - 71 - 67,5 - 77 - 72,5 + 75 + 79}{8} = 0,9375 \ ,$$

$$b_{13} = \frac{72,5 - 69 + 71 - 67,5 - 77 + 72,5 - 75 + 79}{8} = 0,8125 \ ,$$

$$b_{123} = \frac{-72,5 + 69 + 71 - 67,5 + 77 - 72,5 - 75 + 79}{8} = 1,0625 \ .$$

Для упрощения модели пренебрежем эффектом взаимодействия факторов $(b_{12}, b_{23}, b_{13}, b_{123})$. Тогда модель будет иметь следующий вид:

$$Y = 72,9 - 0,93 \cdot X_1 + 0,19 \cdot X_2 + 2,94 \cdot X_3,$$

или

$$\varepsilon = 72,9 - 0,93 \cdot V + 0,19 \cdot \Delta + 2,94 \cdot q. \qquad (4)$$

В формулу (4) подставим максимальное значение степени выделения зерна $(\varepsilon = \varepsilon_{\max})$, тогда значение скорости решета достигнет предельного значения $(V = V_{пр})$:

$$\varepsilon_{\max} = 72,9 - 0,93 \cdot V_{пр} + 0,19 \cdot \Delta + 2,94 \cdot q,$$

Или

$$0,93 \cdot V_{пр} = 72,9 - \varepsilon_{\max} + 0,19 \cdot \Delta + 2,94 \cdot q.$$

Следовательно

$$V_{пр} = 78,4 - 1,08 \cdot \varepsilon_{\max} + 0,2 \cdot \Delta + 3,16 \cdot q. \quad (5)$$

Как видно из формулы (5), коэффициент регрессии для дельты размеров отверстия и зерна намного меньше коэффициента регрессии загрузки решета (0,2<<3,16), а значит этим фактором (дельтой размеров) при вычислении предельной скорости грохота $(V_{пр})$ можно пренебречь. Как было установлено выше - максимальная скорость движения зерна по решету и максимальная скорость движения самого решета связаны линейно, но предельная скорость грохота не связана с размерами зерна и отверстий решета, а определяется (при прочих равных условиях) удельной нагрузкой (q). Формула (2) для определения предельной скорости грохота, зависящая от дельты размеров отверстия и зерна и удельной нагрузки, применима лишь в случаи малой удельной нагрузки, когда поток зерна покрывает решето небольшим слоем, и ограниченной длины решета.

Есть основания полагать, что предельная скорость грохота также зависит от длины сепарирующей поверхности решета (L) (Формула 5):

$$V_{пр} = f(L, q). \quad (5)$$

Поэтому дальнейшие поиски будут направлены на установления этой зависимости. Для этого проведем полный факторный эксперимент аналогичный тому, что был выше. Факторами варьирования X_1, X_2, X_3 будут скорость грохота (V), длина сепарирующей поверхности решета (L) и удельная нагрузка на решето (q) соответственно, а функцией отклика Y – степень выделения зерна (ε):

$$\varepsilon = f(V, L, q). \quad (6)$$

Между степенью выделения зерна (ε) и длиной решета (L) зависимость скорее экспоненциальная, чем линейная (это будет рассмотрено ниже), но для установления самого факта значимости фактора длины решета для вычисления степени выделения зерна предположим, что модель исследуемого процесса является линейной, тогда функцию отклика (Y) можно представить, как полином первого порядка:

$$Y = b_0 + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2 + b_3 \cdot X_3 + b_{12} \cdot X_1 \cdot X_2 + b_{23} \cdot X_2 \cdot X_3 + b_{13} \cdot X_1 \cdot X_3.$$

Определим центры плана факторов (X_{10} = 0,3 м/с, X_{20} = 10,5, X_{30} = 1,5) и шаги варьирования (ΔX_1 = 0,1 м/с, ΔX_2 = 3,5, ΔX_3 = 0,5), тогда получим диапазоны варьирования факторов (Таблица 3), причем, центры плана факторов и шаги варьирования подбирались таким образом, чтобы выполнялось условие:

$$\frac{X_{10} + \Delta X_1}{X_{10} - \Delta X_1} = \frac{X_{20} + \Delta X_2}{X_{20} - \Delta X_2} = \frac{X_{30} + \Delta X_3}{X_{30} - \Delta X_3} = 2.$$

Величины подачи и длины решета выражены в условных единицах.

Таблица 3 – Диапазоны варьирования факторов

Фактор варьирования	Обозначение	Нижний предел варьирования	Верхний предел варьирования
V	X_1	0,2 м/с	0,4 м/с
L	X_2	7	14
q	X_3	1	2

Опыты будем проводить в двух повторностях, причем, для исключения ошибок порядок проведения опытов будет случайным: первая серия опытов – 5 2 6 7 8 1 4 3, вторая серия опытов – 9 11 13 12 10 15 16 14. После проведения опытов значения функции отклика заносятся в таблицу 4.

Таблица 4 – Матрица планирования и результаты экспериментов

Номер	Порядок проведения опыта	X_0	X_1	X_2	X_3	X_1X_2	X_1X_3	X_2X_3	$X_1X_2X_3$	Y_1	Y_2	Y_{cp}	σ_ξ^2	$Y_{\xi t}$
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV
1	5 9	+	-	-	-	+	+	+	-	70	75	72,5	2,5	73,14
2	2 11	+	+	-	-	-	-	+	+	69	70	69,5	0,5	69,52
3	6 13	+	-	+	-	-	+	-	+	76	77	76,5	0,5	75,02
4	7 12	+	+	+	-	+	-	-	-	71	70	70,5	0,5	71,40
5	8 10	+	-	-	+	+	-	-	+	77	74	75,5	1,5	77,00
6	1 15	+	+	-	+	-	+	-	-	77	74	75,5	1,5	73,38
7	4 16	+	-	+	+	-	-	+	-	82	77	79,5	2,5	78,87
8	3 14	+	+	+	+	+	+	+	+	76	72	74	2	75,25

Определим дисперсию значений функции отклика (Y_{cp}) по формуле 7:

$$\sigma_\xi^2 = \sum_{i=1}^{n} \frac{(Y_{\xi i} - Y_{cpi})^2}{n-1}, \qquad (7)$$

где n – число параллельных опытов (n=2).

Определим основные коэффициенты полинома по формуле 3:

$$b_0 = \frac{72,5 + 69,5 + 76,5 + 70,5 + 75,5 + 75,5 + 79,5 + 74}{8} = 74,1875 \ ,$$

$$b_1 = \frac{-72,5 + 69,5 - 76,5 + 70,5 - 75,5 + 75,5 - 79,5 + 74}{8} = -1,8125 \ ,$$

$$b_2 = \frac{-72,5 - 69,5 + 76,5 + 70,5 - 75,5 - 75,5 + 79,5 + 74}{8} = 0,9375 \ ,$$

$$b_3 = \frac{-72,5 - 69,5 - 76,5 - 70,5 + 75,5 + 75,5 + 79,5 + 74}{8} = 1,9375 \ ,$$

$$b_{12} = \frac{72,5 - 69,5 - 76,5 + 70,5 + 75,5 - 75,5 - 79,5 + 74}{8} = -1,0625 \ ,$$

$$b_{23} = \frac{72,5 - 69,5 + 76,5 - 70,5 - 75,5 + 75,5 - 79,5 + 74}{8} = 0,4375 \ ,$$

$$b_{13} = \frac{72,5 + 69,5 - 76,5 - 70,5 - 75,5 - 75,5 + 79,5 + 74}{8} = -0,3125 \ ,$$

$$b_{123} = \frac{-72,5 + 69,5 + 76,5 - 70,5 + 75,5 - 75,5 - 79,5 + 74}{8} = -0,3125 \ ,$$

Для упрощения модели пренебрежем эффектом взаимодействия факторов $(b_{12}, b_{23}, b_{13}, b_{123})$. Тогда модель будет иметь следующий вид:

$$Y = 74,2 - 1,81 \cdot X_1 + 0,937 \cdot X_2 + 1,93 \cdot X_3. \quad (8)$$

Теперь необходимо проверить модель на адекватность. Дисперсия адекватности (учитывая 4 члена полинома) будет вычисляться по формуле 9:

$$\sigma^2_{ад} = \frac{1}{4}\sum_{i=1}^{N} (Y_{срi} - Y_{\xi t})^2. \quad (9)$$

Чтобы вычислить дисперсию адекватности необходимо таблицу 4 заполнить теоретическими значениями функции отклика $(Y_{\xi t})$.

$$\sigma^2_{ад} = 3,03 \ .$$

Дисперсия воспроизводимости $(\sigma^2_{ад}\{Y\})$ можно вычислить по формуле 10:

$$\sigma^2_{ад}\{Y\} = \sum_{\xi=1}^{N} \frac{\sigma^2_{\xi}}{N} = 5,43 \ . \quad (10)$$

Так как $\sigma^2_{ад} < \sigma^2_{ад}\{Y\}$, то выбранная модель (8) адекватна. Тогда степень выделения зерна (ε) можно представить, как:

$$\varepsilon = 74,2 - 1,81 \cdot V + 0,937 \cdot L + 1,93 \cdot q. \quad (11)$$

В формулу (11) подставим максимальное значение степени выделения зерна $(\varepsilon = \varepsilon_{\max})$, тогда значение скорости решета достигнет предельного значения $(V = V_{пр})$:

$$\varepsilon_{\max} = 74,2 - 1,81 \cdot V_{пр} + 0,937 \cdot L + 1,93 \cdot q,$$

Или

$$1,81 \cdot V_{пр} = 74,2 - \varepsilon_{\max} + 0,937 \cdot L + 1,93 \cdot q.$$

Следовательно

$$V_{пр} = \frac{74,2 - \varepsilon_{\max}}{1,81} + 0,52 \cdot L + 1,1 \cdot q. \quad (12)$$

Как видно из формулы (12), коэффициенты регрессии для длины решета и загрузки решета сопоставимы, а значит предположенная нами зависимость (6) является правильной.

Теперь рассмотрим элементарное значение длины решета (несколько рядов отверстий) – величину $l_1 = \Delta l$, тогда для данного значения длины сепарирующего решета вероятность просеивания зерна через него будет $P_1 = p$. Значит, на второй участок сепариру-

ющего решета $l_2 = \Delta l$ попадет ворох в количестве – $(1-p)\cdot m_з$, где $m_з$ – исходная масса зернового вороха. На втором участке зерно просеется также с вероятностью p, то есть сход со второго участка будет содержать $(1-p)^2 \cdot m_з$ вороха. Аналогично получим таблицу 5:

Таблица 5 – Содержания вороха на i-ом участке решета

Номер участка решета	Содержание вороха после i-го участка длины решета в процентах от исходного содержания
$l_1 = \Delta l$	$P_1 = 1 - p$
$l_2 = \Delta l$	$P_1 = (1-p)^2$
$l_3 = \Delta l$	$P_1 = (1-p)^2$
…	…
$l_n = \Delta l$	$P_n = (1-p)^n$

Сход с n-го участка решета будет содержать ворох в процентном соотношении от исходной массы вороха:

$$P_n = (1-p)^n.$$

А сход с n-го участка решета будет содержать просеянное зерно в процентном соотношении от исходной массы вороха:

$$\varepsilon = 1 - P_n = 1 - (1-p)^n,$$

$$1 - \varepsilon = (1-p)^n,$$

Причем

$$L = n \cdot \Delta l,$$

Тогда

$$1 - \varepsilon = (1-p)^{\frac{L}{\Delta l}} = K_p \cdot (1-p)^L, \qquad (13)$$

где K_p – коэффициент, зависящий от вероятности просеивания зерна (р) на элементарном участке решета (Δl), $K_p = \sqrt[\Delta l]{1-p}$.

Выражаясь более точно, величина p зависит от дельты размеров отверстия и радиуса шарообразного зерна $(\Delta = R_{отв} - R_{зерн})$, но если длина решета достаточно большая, то этот фактор (Δl) является малозначимым.

Учитывая формулы (12) и (13) получим формулу для нахождения предельной скорости:

$$V_{пр} = K_L \cdot (1-p)^L + K_q \cdot q + C_V, \qquad (14)$$

где K_L, K_q – коэффициенты соответствия; C_V – коэффициент, определяющий начальное значение предельной скорости, м/с;

Тогда степень выделения зерна (ε) будет экспоненциально расти в зависимости от длины решета (L) и скорости грохота (V) до его предельного значения $(V_{пр})$ и линейно убывать в зависимости от удельной загрузки решета (q):

$$\varepsilon = 1 + K_{v1} \cdot V + K_{L1} \cdot (1 - p)^{L} + K_{q1} \cdot q - C_{\varepsilon 1}. \quad (15)$$

Выводы. Проведение многофакторного эксперимента с помощью компьютерной модели позволила более точно определить предельную скорость грохота в зависимости от длины решета и его загрузки. При достаточно большой длине сепарирующего решета предельная скорость грохота целиком определяется удельной нагрузкой на решето; при небольшой - скорость грохота необходимо дополнительно увеличивать, учитывая длину решета; при малой длине решета предельную скорость грохота можно определять по формуле (1), которая учитывает конструктивные параметры решета и параметры зерна.

Список литературы

1. Тишанинов К.Н. Теоретическое обоснование предельной скорости грохота // Наука в центральной России. – 2017. №4(27). С. 88 – 94.

2. Тишанинов К.Н. Компьютерная модель работы грохота/ / Наука в центральной России. – 2016. №5(23), С.4 - 13.

3. Мухачёв В.А.Планирование и обработка результатов эксперимента // Томск, 2007 – 119 с.

4. Гусев В.Г. Теория планирования многофакторных экспериментов: Метод. указания к лаб. Работам // Владим. Гос. ун-т. Владимир, 2007, с.

References

1. Tishaninov K.N. Teoreticheskoe obosnovanie predel'noj skorosti grohota // Nauka v central'noj Rossii. – 2017. № 4 (27). S. 88 – 94.

2. Tishaninov K.N. Komp'juternaja model' raboty grohota/ / Nauka v central'noj Rossii. – 2016. №5(23), S. 4 - 13.

3. Muhachjov V.A.Planirovanie i obrabotka rezul'tatov jeksperimenta //Tomsk, 2007 – 119 s.

4. Gusev V.G. Teorija planirovanija mnogofaktornyh jeksperimentov: Metod. ukazanija k lab. Rabotam // Vladim. Gos. un-t. Vladimir, 2007, s.

УДК 633.63: 631.5

ИННОВАЦИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

Балашов Александр Владимирович

кандидат технических наук, доцент, E-mail: ntc.agro@yandex.ru

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», г. Тамбов

Реферат. *Известно, что при внедрении ресурсосберегающих технологий целесообразно совмещение операций предпосевной обработки почвы, осуществляемое разработкой и внедрением комбинированных агрегатов, выполняющих несколько операций за один*

проход. Изучали новый комплекс сельскохозяйственной техники для инновационного развития свекловодства. В теоретических исследованиях использованы законы классической механики и математического анализа, в экспериментальных - стандартные и частные методики, разработанные экспериментальные установки. Предложена технология возделывания и уборки сахарной свеклы, в которой использованы агрегаты, созданные на принципах блочно-модульного построения на базе энергетического средства интегральной компоновки. Разработан поворотный плуг для гладкой вспашки, на который установлены в один ряд поворотные корпуса с симметричными комбинированными отвальными поверхностями для левого- и правого оборота пласта и размещенных на поворотном в горизонтальной плоскости брусе. Установили, что использование комбинированного агрегата АКШ-6Г на предпосевной обработке почвы способствует повышению производительности посевных агрегатов на 17,5-22,5 %, в сравнении с КРШ-8,1Г и увеличению тягово-мощностных показателей энергосредства на 8-12 % при сокращении погектарного расхода топлива на 5-8 %.. Показано, что использование широкозахватного комбинированного почвообрабатывающе-посевного агрегата позволяет повысить сменную производительность на посеве сахарной свеклы в 1,64-1,91 раза, снизить расход топлива с 15,3 до 7,9 кг/га. Определено, что использование аппликатора позволяет сократить площадь гербицидной обработки посевов сахарной свеклы до 30-35% от суммарной площади междурядий и в 2-2,5 раза количество внесенного рабочего раствора, по сравнению со сплошным опрыскиванием растений. Установлено, что применение предлагаемой энергосберегающей технологии и использование комплекса машин позволили снизить общие затраты труда на 45-53 % и расход дизельного топлива на 23-36% в расчете на 1 га и добиться урожайности сахарной свеклы, превышающей 50 т/га

Ключевые слова. *Сахарная свекла, инновации, технологии, комплекс машин*

INNOVATIONS IN SUGAR BEET PRODUCTION

Balashov Alexander
candidate of technical Sciences, associate Professor, E-mail: ntc.agro@yandex.ru
FEDERAL state budgetary scientific institution "all-Russian research Institute for using machinery and oil products in agriculture", Tambov,

Abstract. *It is known that combining the operations of tillage before sowing, carried out by the development and introduction of combined units that perform several operations in a single pass, should be used when introducing resource-saving technologies. A new complex of agricultural machinery for the innovative development of beet cultivation was studied. The laws of classical mechanics and mathematical analysis were used in theoretical studies, standard and partial techniques, developed experimental installations were used in experimental studies. The technology of cultivation and harvesting of sugar beet, which uses aggregates, built on the principles of block-modular construction based on the power of the integrated assembly, is proposed. Swivel plow for smooth plowing, in which are mounted in a single row swivel shells with symmetrical combined dumping surfaces for left and right rotation of the formation and placed on a horizontal pivoting bar. It was established that the use of the combined AKSH-6G aggregate on*

the presowing soil cultivation contributes to the increase in the productivity of the sowing units by 17.5-22.5%, in comparison with the KRSH-8.1G and the increase in the power-output parameters of the energy source by 8-12% per hectare fuel consumption by 5-8%. It is shown that the use of a wide-spread combined soil cultivating seeding machine allows to increase the shift capacity on the sowing of sugar beet in 1.64-1.91 times, to reduce fuel consumption from 15.3 to 7.9 kg / ha. It was established that the use of the proposed energy-saving technology and the use of a complex of machines allowed to reduce the total labor costs by 45-53% and the consumption of diesel fuel by 23-36% per 1 ha and to achieve sugar beet yields exceeding 50 tonnes / ha

Keywords: *Sugar beet, innovations, technologies, complex of machines*

Введение. Концепцией развития свеклосахарного комплекса России (2008-2020) предусматривается к 2020 году довести урожайность корнеплодов до 40,3 т/га и сахаристость 17,5% при валовом сборе 37,8 млн. т с площади 938,5 тыс. га [1]. Основными направлениями развития инновационных процессов при производстве сахарной свеклы является разработка зональных энерго-ресурсосберегающих технологий, обеспечивающих повышение её урожайности на 15-20%, снижение затрат на материально-технические ресурсы [2].

Снижению затрат на производство сахарной свеклы, кроме применения новых технологий, сортов и гибридов, способствует использование новых комплексов машин, выполняющих за один проход несколько технологических операций на базе высокоэффективных энергетических средств. При этом использование дорогостоящей зарубежной техники при возделывании и уборке сахарной свеклы приводит к росту постоянных расходов за счет амортизации, но при этом снижаются переменные расходы (стоимость топливо- смазочных материалов, оплата труда).

Цель работы - разработка и исследование нового комплекса машин используемого в энерго- и ресурсосберегающих технологиях при реализации инновационного развития свекловодства.

Материалы и методы. В теоретических исследованиях использовались законы классической механики и математического анализа. Экспериментальные исследования выполнены с использованием стандартных и частных методик, приборов и оборудованиях на новых разработанных экспериментальных установках в лабораторных и полевых условиях. Обработка экспериментальных данных проводилась с использованием современных компьютерных математических программ.

Результаты и обсуждение. Из четырех основных направления инноваций в свекловодстве (селекционно-генетическое, производственно-технологическое, организационно-управленческое и экономико-социоэкологическое) подробнее рассмотрим производственно-технологическое направление [3].

Для реализации данного направления инноваций необходимо выполнить ряд мероприятий, которые включают разработку: наукоёмких высокопроизводительных машинных технологий; высокопроизводительной техники и оборудования нового поколения; технологий повышения технологического уровня машин на основе их модернизации; новых узлов и агрегатов; проектов эффективного использования техники и оптимального построе-

ния и функционирования предприятий инженерно-технической инфраструктуры. Кроме того, производственно-технологическое направление инноваций в свекловодстве не может быть реализовано без разработки региональных и муниципальных инновационных программ производства сахарной свеклы; совершенствования системы подготовки кадров; развития эффективных форм партнерства и кооперации при производстве и переработки продукции, а также развития материально- технической базы сахарных заводов. Поэтому инновационные процессы при механизации производства сахарной свеклы должны развиваться по пути создания новых моделей мобильных энергетических средств с повышенными тягово-эксплуатационными характеристиками с одновременным снижением их конструктивной массы; разработки многофункциональных комбинированных машин, выполняющих одновременно несколько рабочих операций; разработки и внедрения системы экологической безопасности в соответствии с мировыми стандартами; совершенствования системы стандартов и сертификации в сельскохозяйственном машиностроении; увеличения унифицированных узлов и деталей с обеспечением их прочности и износостойкости.

Возделывание сахарной свеклы требует точного, качественного и своевременного выполнения всех технологических операция с соблюдением агротехнических требований [4]. Технология возделывания и уборки сахарной свеклы предусматривает ряд последовательно выполняемых агротехнических приёмов: основная и предпосевная обработка почвы, посев, обработка посевов, уборка. Особенности технологии предопределяют структуру и направленность компоновочных решений технических средств, которые предполагают наличие энергетического и сменяемого технологического модуля; комбинации рабочих органов технологических модулей.

В качестве энергетического модуля нами предлагается использовать энергосредство интегральной компоновки, которое имеет колеса одинакового диаметра, передние и задние навесные устройства, передний и задний ВОМ, реверс-редуктор, развитую гидравлическую систему управления орудиями, технологическую площадку над задним мостом, реверсивный пост управления. центральное расположение кабины с круговым обзором,

Благодаря возможности работы на реверсе, энергосредство в агрегате с различными сельскохозяйственными машинами, установленными на заднем навесном устройстве, может выполнять технологические операции по обработке междурядий сахарной свеклы с минимальными защитными зонами; скашивание и укладка в валок ботвы или транспортировка в рядом идущий транспорт; выкопка, очистка и укладка в валок корнеплодов.

На энергосредстве применена система контроля и автоматического управления режимами и эксплуатационно-технологическими параметрами агрегатов.

Для возделывания сахарной свеклы создаются агрегаты на принципах блочно-модульного построения с использованием несущей рамы, на которую навешиваются различные рабочие органы в зависимости от выполняемой технологической операции (вспашка, рыхление и выравнивание почвы, посев, междурядная обработка, внесение гербицидов) [5].

В настоящее время распространение находит способ основной обработки почвы, так называемая гладкая вспашка, осуществляемая оборотными и поворотными плугами, в результате которой поверхность поля становится гладкой без свальных гребней и развал-

ных борозд. На оборотных плугах плужные корпуса с право- и левооборачивающими лемешно-отвальными поверхностями, установлены на разных стойках, что увеличивает вдвое материалоемкость в сравнении с традиционными плугами.

Снижение металлоемкости поворотных плугов достигается установкой в один ряд поворотных корпусов с симметричными комбинированными отвальными поверхностями для левого- и правого оборота пласта, размещенных на поворотном в горизонтальной плоскости брусе.

Нами предлагается конструкция поворотного плуга для гладкой пахоты с переменной шириной захвата (патент РФ №2506732), который содержит несущую раму с центральной продольной балкой, шарнирно соединенную с поворотным брусом с возможностью его отклонения на переменный угол в пределах 0-45º в обе стороны относительно вертикально-продольной плоскости, проходящей через ось поворота бруса, с установленными на нем плужными корпусами с возможностью их синхронного поворота на угол в пределах 0-30 º. Плужный корпус (патент РФ №2490844) включает соединённые между собой на стойке под углом друг к другу правые и левые лемеха и отвалы. Лемешно-отвальная поверхность корпуса, выполнена комбинированной в виде двух плавно переходящих одна в другую цилиндрическую и коническую поверхности. При работе плуга с оборотом пласта, например, в правую сторону, левооборачиваща лемешно-отвальная поверхность выполняет роль полевой доски, которая установлена на корпусах классических плугов и создает сопротивление, достигающее 30 % от общих тяговых сопротивлений плуга.

Снижению тягового сопротивления плуга и обеспечению устойчивости хода в горизонтальной плоскости способствует размещение на линии продольной оси энергосредства мгновенного центра вращения, который совпадает с направлением движения пахотного агрегата.

Получение всходов с заданной густотой и равномерностью размещения растений в значительной мере зависит от качества предпосевной обработки почвы. Высокое качество предпосевной обработки почвы способствует повышению урожайности культур и снижению потребности в средствах защиты растений. При внедрении ресурсосберегающих технологий целесообразно совмещение операций предпосевной обработки почвы, осуществляемое разработкой и внедрением комбинированных агрегатов, выполняющих несколько операций за один проход.

В ОАО «Грязинский культиваторный завод» при участии ВНИИТиН был создан и испытан на МИС комбинированный агрегат АКШ-6Г, который за один проход выполняет: предварительное выравнивание поверхности почвы выравнивателями; разрушение комков и глыб, измельчение почвы прикатывающими катками; рыхление почвы на глубину заделки семян и уничтожение сорняков рыхлительными стрельчатыми лапами на S-образной пружинной стойке; окончательное выравнивание поверхности почвы выравнивателями, измельчение и уплотнение почвы спаренными прикатывающими катками. Нашими исследованиями установлено, что предпосевная обработка почвы агрегатом АКШ-6Г способствует повышению производительности посевных агрегатов на 17,5-22,5 % в сравнении с КРШ-8,1Г и увеличению тягово-мощностных показателей энергосредства на 8-12 % при сокращении погектарного расхода топлива на 5-8 % [4].

Качество посева сахарной свеклы оценивается равномерностью распределения семян по длине рядка, которое может быть достигнуто при использовании механических или пневматических сеялок точного высева, обеспечивающих высев дражированных семян на конечную густоту стояния растений. Одним из направлений повышения точности высева дражированных семян механическими сеялками является их модернизация путем разработки нового высевающего аппарата (патент РФ №2556722). Модернизированные сеялки позволяют повысить качество посева сахарной свеклы (коэффициент вариации отклонения распределения всходов в рядке находился в пределах 41,7-54,6 %, отклонение фактической нормы высева семян не превышало 5,4 %, густота насаждения – 5,2-5,7 шт./м) [4].

Совмещение предпосевной обработки почвы и посева сахарной свеклы может быть осуществлено широкозахватным комбинированным почвообрабатывающе-посевным агрегатом, состоящим из культиватора КРШ-8,1, навешенного на переднее навесное устройство и сеялки точного высева СТВС-18, навешенной на заднее навесное устройство интегрального энергосредства. Согласно нашим исследованиям использование этого агрегата позволяет повысить сменную производительность на посеве сахарной свеклы в 1,64-1,91 раза, снизить расход топлива с 15,3 до 7,9 кг/га и способствует уменьшению доли уплотняемой колёсами энергосредства площади с 27 до 6 % в сравнении с однооперационными агрегатами [6].

Одним из направлений повышения урожайности сахарной свеклы и снижения затрат при её возделывании является применение нового посевного материала в виде капсулированных семян (патент РФ № №2526272). Для высева капсулированных семян нами разработана и исследована экспериментальная механическая сеялка (патент РФ № 2475012), укомплектованная высевающими аппаратами с диском (патенты РФ № 2585850). Полевыми исследованиями, проведенными на имеющихся в нашем распоряжении капсулированных семян кукурузы, установлено, что при их высеве с заданной нормой (5,6–6,3 шт./м) экспериментальная механическая сеялка обеспечивает распределение семян по длине рядка в соответствии с агротехническими требованиями, предъявляемым к высевающим аппаратам, на скоростях посевного агрегата до 1,5-2 м/с [7].

На исследованных сеялках была установлена разработанная нами система контроля высева семян, которая состоит из контроллера, устанавливаемого в кабине энергосрдства, датчиков высева семян, монтируемых в сошниках высевающих аппаратов, датчика пути и кабельной разводки. Эта система во время работы посевного агрегата позволяет контролировать установленные в заданных пределах норму высева семян и скорость движения. Кроме того, на контроллере накапливается и сохраняется информация о качестве посева на участке пути установленной длины. Система позволяет обнаружить технологические и технические отказы (прекращение высева по отдельным или по всем высевающим аппаратам сеялки, обрыв приводной цепи и т.п.).

При возделывании сахарной свеклы в хозяйствах наряду с междурядными механическими обработками посевов применяется химический метод борьбы с сорняками.

Для роста и развития сахарной свеклы в период вегетации при обработке посевов выполняют внекорневую подкормку по листовой поверхности, но существующие техноло-

гии и рабочие органы не обеспечивают надлежащего качества её выполнения, что снижает эффективность используемых регуляторов роста и жидких минеральных удобрений.

На основании анализа современных технологий возделывания сахарной свеклы предложен способ комбинированной обработки посевов (патент РФ №25422124), позволяющий проводить ленточное внесение гербицидов без отложения их на листовой поверхности, внекорневую подкормку растений микроудобрениями и росторегулирующими препаратами и механические междурядные обработки. Для реализации запатентованного способа разработан аппликатор, совмещающий эти технологические операции по обработке посевов.

Применение разработанного и исследованного нами аппликатора для обработки посевов сахарной свеклы позволяет сократить площадь гербицидной обработки до 30-35% от суммарной площади междурядий и в 2-2,5 раза количество внесенного рабочего раствора по сравнению со сплошным опрыскиванием растений [8].

Использование комплекса машин для двухфазной уборки сахарной свеклы (навесной копатель-валкоукладчик КВС-6+прицепной подборщик-погрузчик ППК-6) позволяет увеличить в 1,9-2,25 раза дневную производительность при снижении на 10-12% расход топлива по сравнению с уборочным комплексом на базе самоходных комбайнов типа КС-6Б и прицепных ботвоуборочных машин БМ-6А.

Заключение. Инновационное развитие свекловодства должны быть направлено на увеличение объемов и улучшение качества получаемой продукции (корнеплодов и ботвы) на основе повышения плодородия почвы; роста урожайности корнеплодов и уменьшение её зависимости от природных факторов; снижение расхода энергоресурсов; экономию трудовых и материальных затрат; сохранение и улучшение экологии окружающей среды.

Применение предлагаемой энергосберегающей технологии и использование комплекса машин позволили снизить общие затраты труда на 45-53 % и расход дизельного топлива на 23-36% в расчете на 1 га и добиться урожайности сахарной свеклы, превышающей 50 т/га.

Список литературы

1. Концепция развития свеклосахарного комплекса в Российской федерации (2008-2020 гг.) // Сахар. - 2009. - № 2. - С. 14-19.

2. Санду, И.С. Проблемные вопросы инновационного развития АПК [Текст]/И.С. Санду// М., ФГОУ РосАКО, 2005. - 99 с.

3. Кожевникова, Т.М. Инновационные процессы в аграрном секторе экономики [Текст] /Т.М. Кожевникова, А.В. Саяпин, О.А. Бельченко//Социально-экономические явления и процессы, №4(038), 2012.- С. 69-72

4. азуля А.Н. Энергосберегающая технология возделывания сахарной свеклы [Текст] /А.Н. Зазуля, А.В. Балашов, В.П. Белогорский //Наука в центральной России, №3(15), 2015. С.86-95.

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

6. Балашов, А.В. Использование широкозахватных агрегатов для высева сахарной свеклы [Текст] /А.В.Балашов// Сахарная свекла. - 2004. - № 2.-С. 15-16.

7. Тырнов Ю.А. Механическая сеялка для высева капсулированных семян [Текст] /Ю.А. Тырнов, А.В. Балашов, В.П. Белогорский, С.П. Стрыгин, А.А Сухов// Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 2014.- № 5.- С. 18-19.

8. Завражнов, А.И. Технология и комбинированное средство для ухода за посевами сахарной свеклы [Текст] /А.И. Завражнов, К.А. Манаенков, С.В.Соловьёв, А.Н Омаров, А.В. Балашов //Наука в центральной России, №2, 2016. С. 5-11.

References

1. Koncepcija razvitija sveklosaharnogo kompleksa v Rossijskoj federacii (2008-2020 gg.) // Sahar. - 2009. - № 2. - S. 14-19.

2. Sandu, I.S. Problemnye voprosy innovacionnogo razvitija APK [Tekst]/I.S. Sandu// M., FGOU RosAKO, 2005.- 99 s.

3. Kozhevnikova, T.M. Innovacionnye processy v agrarnom sektore jekonomiki [Tekst] /T.M. Kozhevnikova, A.V. Sajapin, O.A. Bel'chenko//Social'no-jekonomicheskie javlenija i processy, №4 (038),2012.- S. 69-72

4. Zazulja A.N. Jenergosberegajushhaja tehnologija vozdelyvanija saharnoj svekly [Tekst] /A.N. Zazulja, A.V. Balashov, V.P. Belogorskij //Nauka v central'noj Rossii, №3(15), 2015. S.86-95

5. Balashov, A.V. Blochno-modul'nyj agregat dlja vozdelyvanija propashnyh kul'tur [Tekst] /A.V. Balashov, A.N. Omarov, Zh.Zh. Zajnushev, A.I. Zavrazhnov, S.V.Solov'jov//Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2015, №2.- S. 163-170.

6. Balashov, A.V. Ispol'zovanie shirokozahvatnyh agregatov dlja vyseva saharnoj svek-ly [Tekst] /A.V.Balashov// Saharnaja svekla.- 2004.- № 2.-S. 15-16.

7. Tyrnov Ju.A. Mehanicheskaja sejalka dlja vyseva kapsulirovannyh semjan [Tekst] /Ju.A. Tyrnov, A.V. Balashov, V.P. Belogorskij, S.P. Strygin, A.A Suhov// Traktory i sel'skohozjajstvennye mashiny.- 2014.- № 5.- S. 18-19.

8. Zavrazhnov, A.I. Tehnologija i kombinirovannoe sredstvo dlja uhoda za posevami saharnoj svekly [Tekst] /A.I. Zavrazhnov, K.A. Manaenkov, S.V.Solov'jov, A.N Omarov, A.V. Balashov //Nauka v central'noj Rossii, №2, 2016. S. 5-11.

УДК 681.5.017:631. 331

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПАРАМЕТРОВ ДАТЧИКОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В СИСТЕМЕ КОНТРОЛЯ ВЫСЕВА СЕМЯН ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР

Завражнов Анатолий Иванович,
доктор технических наук, профессор, академик РАН, E-mail:president@mgau.ru
ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ, г. Мичуринск
Балашов Александр Владимирович,
кандидат технических наук, доцент, E-mail: ntc.agro@yandex.ru

Пустоваров Никита Юрьевич,
аспирант, E-mail:nikita.pustovarov@mail.ru
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», г. Тамбов

Реферат. *Известно, что качество посева пропашных культур определяется конструктивными особенностями используемых сеялок и контролируемым технологическим процессом, который осуществляется установленной на них системой контроля высева семян. Обоснованы типы датчиков, применяемые в этой системе: ёмкостной – контролирует высев семян, индуктивный – информирует о скорости движения посевного агрегата на определенном пути. Выбор емкостного типа датчика высева семян обусловлен его высокой разрешающей способностью, высокой чувствительностью и работоспособностью в условиях сильной запыленности, нечувствительностью к помехам, возникающим при работе посевного агрегата, пролет семян через датчик индицируется кратковременным загоранием светодиода. Бесконтактный индуктивный датчик пути выполнен в пластиковом цилиндрическом корпусе. На изготовленном лабораторном оборудовании были исследованы параметры этих датчиков. Установлено, что среднее время пролета семян различных культур (люпин, кукуруза, соя, драже сахарной свеклы, подсолнечник, горох, драже моркови) от угла установки датчика (0;22,5;45 и 67,5°) составляло от 8 до 23 миллисекунд. В результате аналитических исследований были определены конструктивные и установочные параметры ёмкостных датчиков высева с учетом траектории полета семян различных культур, частоты вращения высевающего диска и местоположения датчика. Установлено, что расстояние между чувствительными пластинами датчика высева должно не превышать 20 мм, а их длина – не менее 30 мм при их установке относительно высевающего диске на расстоянии не менее 50 мм. Показано, что зазор между торцами датчика пути и головками болтов на диске приводного колеса должен быть не более 2 мм.*

Ключевые слова: *высев семян, контроль, датчик, параметры.*

THE RESULTS OF RESEARCH ON THE PARAMETERS OF THE SENSORS USED IN THE SEED GROWING CONTROL SYSTEM OF TILLED CROPS

Zavrazhnov Anatoly,
Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Chief Researcher, E-mail: president@mgau.ru
FGBOU VO Michurinsky State University, Michurinsk
Balashov Alexander,
candidate of technical Sciences, associate Professor, E-mail: ntc.agro@yandex.ru
Pustovarov Nikita Y.,
postgraduate student, E-mail: nikita.pustovarov@mail.ru
Federal state budgetary scientific institution "All-Russian research Institute for using machinery and oil products in agriculture", Tambov

Abstract. *It is known that the quality of sowing of tilled crops is determined by the design features of the seeders used and the controlled technological process, which is carried out by the seed sowing control system established on them. The types of sensors used in this system are justified: a capacitive sensor monitors seed seeding, an inductive sensor informs about the speed of the seeder on a certain path. The choice of the capacitive type of the seed sowing sensor is due to its high resolution, high sensitivity and operability under conditions of high dust content, insensitivity to disturbances arising during the operation of the seeding machine, the passage of seeds through the sensor is indicated by short-term of auto diode. The non-contact inductive path sensor is made in a plastic cylindrical body. The parameters of these sensors were investigated on the laboratory equipment. It has been established that the mean transit time of seeds of different cultures (lupine, corn, soybeans, sugar beet, sunflower, peas, carrots) from the sensor mounting angle (0; 22.5; 45 and 67.5°) was 8 to 23 milliseconds. The design and installation parameters of capacitive seeding sensors, taking into account the trajectory of the seeds of different crops, the rotation speed of the sowing disk and the location of the sensor, were determined as a result of analytical studies. It is established that the distance between sensitive plates of the seeding sensor should not exceed 20 mm, and their length - not less than 30 mm when installed relative to the seeding disc at a distance of not less than 50 mm. It is shown that the gap between the ends of the sensor track and head bolts on drive wheel disc has to be not more than 2 mm.*

Key words: seed sowing, control, sensor, parameters.

Введение. Посев пропашных культур должен осуществляться в соответствии с агротехническими требованиями: высев заданного количества семян на единицу площади поля; равномерное размещение их по длине рядка и площади поля; заделка их на одинаковую глубину. Не соблюдение этих требований приводят к нарушению качества высева и невосполнимым потерям урожая. Прекращение высева одним или несколькими высевающими аппаратами или всей сеялкой, неравномерность подачи семян, отклонения глубины заделки семян и ее равномерности от установочных значений приводят к просевам. При этом от 1,5 до 8% от площади поля остается не засеянной. Просевы обнаруживаются только после появления всходов [1, 2].

На равномерность распределения семян вдоль рядка и глубину их заделки существенное влияние оказывает скорость посевного агрегата, которая должна постоянно поддерживаться в пределах установленных значений с учетом качества предпосевной обработки почвы и типа используемых на сеялках высевающих аппаратов. Поэтому для улучшения качественных показателей посева необходимо контролировать работу сеялок путем установки системы контроля высева, которая позволяет своевременно информировать механизатора о возникающих технологических и технических отказах посевного агрегата.

Результаты и обсуждение. Система контроля, установленная на пропашных сеялках, предназначена для контроля процесса высева семян в режиме реального времени, которая выдает информацию: постоянно – норму высева по каждому высевающему аппарату; в режиме просмотра – пройденный путь, количество оборотов приводного колеса и засеянную площадь. Система информирует о фактической норме высева по каждому аппарату путем вывода текущей информации на монитор контроллера. Подачей звукового и светового сигналов информирует механизатора о технологическом или техническом отказе се-

ялки, отклонении скорости движения от запрограммированных пределов (5-12км/ч) и месте нарушения процесса высева.

Система контроля высева семян состоит из следующих элементов: емкостных датчиков высева, установленных в сошнике каждого высевающего аппарата, индуктивного датчика пути, монтируемого на консоли опорно- приводного колеса, контроллера с микропроцессором, устанавливаемого в кабине трактора, кабельной разводке по раме сеялки, жгута проводов, соединяющего сеялку с контроллером [3,4].

Выбор емкостного типа датчика высева семян обусловлен его высокой разрешающей способностью, высокой чувствительностью и работоспособностью в условиях сильной запыленности, нечувствительностью к помехам, возникающим при работе посевного агрегата. Датчик выполнен из нержавеющей стали. Чувствительная зона датчика образуется параллельно расположенными пластинами, между которыми существует поле определенного свойства. Семя, пролетая через эту зону, приводит к нарушению свойств поля. Электронная схема обрабатывает это изменение и появляется электрический сигнал. Пролет семян через датчик индицируется кратковременным загоранием светодиода.

Бесконтактный индуктивный датчик пути выполнен в пластиковом цилиндрическом корпусе. Электронная плата располагается внутри цилиндра и для обеспечения герметичности заливается эпоксидным компаундом. С лицевой стороны корпуса расположена чувствительная зона, а на противоположной стороне клеммы и светодиод для визуального наблюдения работы датчика. Место установки кронштейна датчика определяется из условия, что его торец должен располагаться на траектории движения головки болта крепления обода колеса, при которой обеспечивается равномерное поступление электрических сигналов на контроллер.

При работе сеялки необходимо придерживаться такой скорости, движения при которой отсутствует непрерывный звуковой сигнал и визуальный сигнал об отклонении от заданной скорости. Через определенное количество оборотов колеса, происходит изменение показаний нормы высева. При работе посевного агрегата звуковой сигнал отсутствует, а на мониторе изменяются показания нормы высева семян в штуках на 1 метре рядка [5].

Система контроля при посеве представляет механизатору информацию о качестве работы сеялки (наличие двойников, пропуски, интервалы между семенами), результаты которой записывает в энергонезависимую память.

Конструктивные и электрические параметры ёмкостных датчиков высева и местоположение на сеялках при посеве различных культур были определены при проведении лабораторных исследований. Для отображения достоверной информации о норме высева необходимо минимизировать время пролета семени через чувствительную зону датчика.

При поведении лабораторных исследований использовался экспериментальный датчик 5, который устанавливался на штатив 3 под высевающим диском 2 с возможностью изменения расстояния до его боковой поверхности, траектория полета семян визуально определялась по координатной сетке 4 (рисунок 1). Конструкция датчика и способ его крепления позволяли изменять расстояние между чувствительными пластинами в зоне пролета семян и его местоположение относительно высевающего диска.

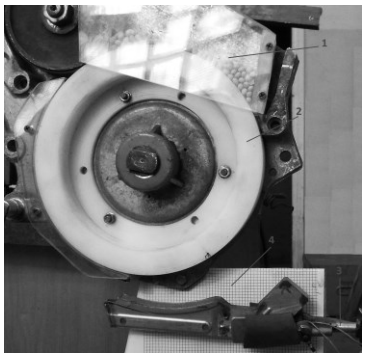


Рисунок 1 – Экспериментальный установка для определения параметров ёмкостного датчик высева семян: 1 – приемная камера высевающего аппарата с семенами; 2 – высевающий диск; 3 – штатив; 4 – координатная сетка; 5 – экспериментальный датчик высева семян

Экспериментальный датчик подключался через LPT-порт к персональному компьютеру. С помощью разработанного программного обеспечения, обрабатывающего сигнал с датчика высева, возникающего при пролете семян различных культур через пластины датчика и позволяющего определить чувствительность и протяженность импульса с точностью до одной миллисекунды. Нами определено, что расстояние между чувствительными пластинами датчика при пролете исследуемых семян культур не должно превышать 20 мм. Среднее время пролета семян различных культур (люпин, кукуруза, соя, драже сахарной свеклы, подсолнечник, горох, драже моркови) от угла установки датчика (0;22,5;45 и 67,5º) составляло от 8 до 23 миллисекунд. Меньшие значения были получены при горизонтальной установке датчика относительно высевающего диска (рисунок 2). Для обоснования параметров чувствительной зоны пластин датчика, определяемой их длиной, в зависимости от траектории семян при вылете из ячеек (отверстий) высевающего диска при различной частоте его вращения и пролета между пластинами были проведены аналитические исследования.

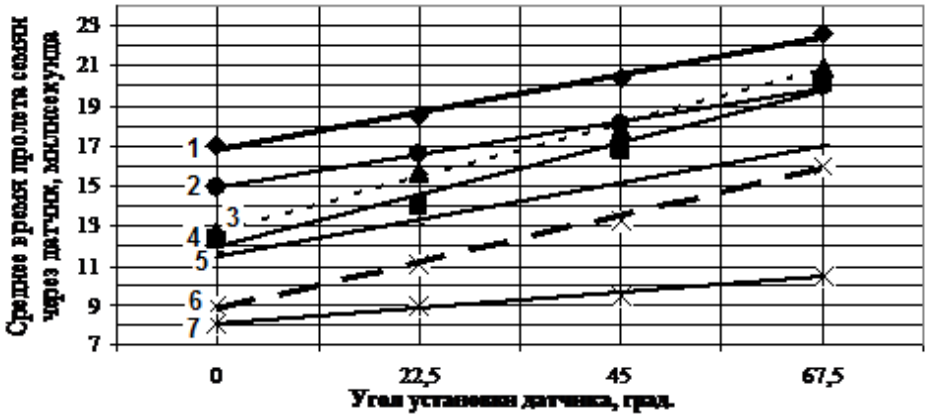


Рисунок 2 – Зависимость среднего времени пролета через чувствительную зону датчика в зависимости от угла его установки семян различных культур: 1 – люпин; 2 – горох; 3 – подсолнечник; 4 - кукуруза; 5 - соя; 6 – свекла дражированная;7 - морковь дражированная.

Координаты траектории полета семени без учета силы сопротивления воздуха выражаются известными зависимостями:

$$\begin{cases} x = V_0 \cdot t, \\ y = y_0 - \dfrac{g \cdot t^2}{2}. \end{cases} \quad (1)$$

В результате проведенного вычислительного эксперимента по выражению (1) с учетом частоты вращения высевающего диска были получены расчетные траектории полета семян различных культур, которые представлены на рисунке 3.

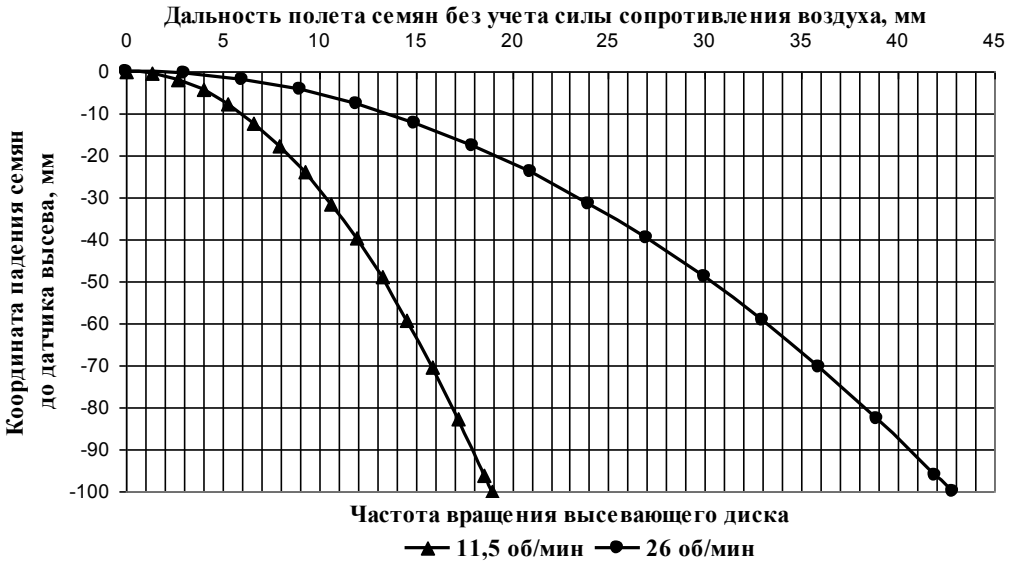


Рисунок 3 – Расчетные траектории полета семян без учета силы сопротивления воздуха в зависимости от частоты вращения высевающего диска и высоты падения семян до датчика.

С учетом силы сопротивления воздуха систему уравнений, описывающую траекторию полета семени можно представить в виде:

$$\begin{cases} t = -\dfrac{\sqrt{m^2 \cdot V_{0x}^2 - C_x \cdot m \cdot \rho \cdot V_x^2 \cdot S_{мид}} - 2 \cdot m \cdot V_{0x}}{4 \cdot m}, \\ y = \dfrac{C_x \cdot \rho \cdot V_y^2 \cdot S_{мид} \cdot t^2}{4 \cdot m} - \dfrac{g \cdot t^2}{2}. \end{cases} \quad (2)$$

где m – масса семени, кг; C_x - коэффициент лобового сопротивления (C_x=0,4 – для семян шарообразной формы); ρ – плотность воздуха, кг/м^3; V – скорость полета семени, м/с; $S_{мид}$ – площадь поперечного сечения семени, м.

По выражению (2) были определены траектории полета семян, выпавших из ячеек высевающего диска с наружным диаметром 220 мм, вращающегося с различной частотой от 11,5 до 26 мин$^{-1}$. На рисунке 4 представлены результаты вычисления траектории семян люпина и дражированных семян моркови с учетом и без учета силы сопротивления воздуха, при фиксированных значениях частоты вращения высевающего диска и высоты установки датчика относительно его боковой поверхности

По приведенному выражению (2) вычислительным экспериментом были определены траектории полета семян, выпавших из ячеек высевающего диска с наружным диаметром 220 мм, вращающегося с различной частотой от 11,5 до 26 мин$^{-1}$. На рисунке 4 представлены результаты вычисления траектории семян люпина и дражированных семян моркови с учетом и без учета силы сопротивления воздуха, при фиксированных значениях частоты вращения высевающего диска и высоты установки датчика относительно его боковой поверхности.

Из анализа полученных данных по определению траектории полета семян исследуемых культур, выпавших из ячеек высевающего диска можно сделать следующее заключение. Длина чувствительной зоны датчика высева в большей степени зависит от частоты вращения диска. Так, при установке датчика в сошнике на расстоянии от высевающего диска в 100 мм, длина его чувствительной зоны варьирует от 17 до 32 мм при частоте вращения диска 11,5 мин$^{-1}$ с учетом и без учета силы сопротивления воздуха, соответственно. При увеличении частоты вращения диска до 26 мин$^{-1}$ при той же установки датчика, длина его чувствительной зоны варьирует в пределах от 17,5 до 39 мм. Качественный посев семян пропашных культур обеспечивается при условии равенства линейной скорости высевающего диска и скорости движения посевного агрегата, при котором семена падают на дно борозды только под действием силы тяжести.

По агротехническим требованиям скорость посевного агрегата при использовании механических сеялок должна быть не более 6 км/ч, при которой, согласно условию, частота вращения высевающего диска не должна превышать 26 мин$^{-1}$. Поэтому длина чувствительной зоны пластины датчика высева должна составлять не менее 30 мм со смещением относительно точки выброса семян из ячеек не менее 15 мм при установке датчика не ниже 50мм от точки отрыва семени от диска высевающего аппарата

Для надежного срабатывания индуктивного датчика пути по результатам исследования был определен зазор между торцом датчика и головками болтов на диске экспериментальной установки, который должен быть не более 2 мм.

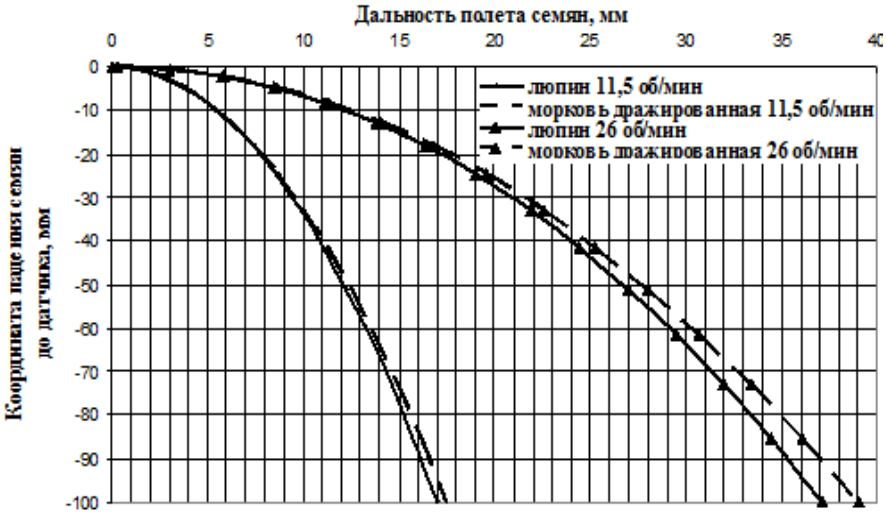


Рисунок 4 – Расчетные траектории полета дражированных семян моркови и люпина при различных условиях в зависимости от частоты вращения высевающего диска и высоты установки датчика

Заключение. Аналитически и экспериментально определены параметры датчиков высева и пути, а также их местоположение на сеялке. Расстояние между чувствительными пластинами ёмкостного датчика высева семян должно не превышать 20 мм, а их длина – не менее 30 мм при их установке относительно высевающего диске на расстоянии не менее 50 мм. Зазор между торцами датчика пути и головками болтов на диске колеса должен быть не более 2 мм.

Список литературы

1. Лаврухин П.В. Расширение понятия точности посева // Вестник Российской Академии сельскохозяйственных наук. – 2002. – №5 – С. 17.

2. Руденко В.П. Полтавская технология посева / В.П. Руденко. Полтава: Изд-во ООО «Копи-Центр», 2013. – 54 с.

3. Балашов А.В. Повышение качества посева пропашных культур пневматическими сеялками культур: Сб. науч. докл. XVIII междунар. науч. – практич. конф. 23-24 сентября 2015 года, г. Тамбов / А.В. Балашов, А.В. Крищенко, С.П. Стрыгин. Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2015. – С.63-67.

4. Система контроля высева семян сеялки СТП «Ритм-24Т» КО 3002 00 000 ИЭ. Инструкция по эксплуатации. Белгород. – 2010. – 21 с.

5. Балашов А.В. Контроль высева семян на пропашных сеялках / А.В. Балашов, Н.Ю. Пустоваров // Интеллектуальные технологии и техника в АПК: материалы Международной научно-практической конференции 18-20 октября 2016 года. – Мичуринск: ООО «БИС», 2016. – С. 217-225.

References

1. Lavrukhin P.V. Expansion of a concept of accuracy of crops//Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences. – 2002. – No. 5 – Page 17.

2. Rudenko V. P. Poltava technology of crops / Accusative of Rudenko. Poltava: LLC Kopi-Centre publishing house, 2013. – 54 pages.

3. Balashov A.V. Improvement of quality of crops propashnykh of cultures pneumatic seeders of cultures: Сб. науч. докл. XVIII междунар. науч. – практич. конф. On September 23-24, 2015, Tambov / A.V. Balashov, A.V. Krishchenko, S.P. Strygin. Tambov: Publishing house Pershin R.V., 2015. – Page 63-67.

4. Control system of seeding of seeds of the seeder of STP "Rhythm-24T" of KO 3002 of 00 000 IE. Maintenance instruction. Belgorod. – 2010. – 21 pages.

5. Balashov A.V. Control of seeding of seeds on the propashnykh seeders / A.V. Balashov, N.Yu. Pustovarov//Intellectual technologies and the equipment in agrarian and industrial complex: materials of the International scientific and practical conference on October 18-20, 2016. – Michurinsk: LLC BIS, 2016. – Page 217-225.

УДК 631.361.24

ВЛИЯНИЕ РАБОЧЕГО ЗАЗОРА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ЗЕРНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ В ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ РОТОРНОЙ ДРОБИЛКЕ

Лебедев Анатолий Тимофеевич,
доктор технических наук, профессор, E-mail: lebedev.1962@mail.ru
Искендеров Рамиль Рашидович,
инженер, ассистент кафедры, E-mail: iskenderov_ramil@inbox.ru
Шумский Александр Сергеевич,
аспирант, E-mail: iskenderov_ramil@inbox.ru
ФГБОУ ВО Ставропольский государственный аграрный университет, г. Ставрополь

Реферат. *Известно, что выбор оптимального способа измельчения исходного зернового сырья влияет на выравненность гранулометрического состава и качество готовой продукции. Выявлено, что способ скалывания или среза, который используется в центробежно-роторных измельчителях различных конструкций, позволяет получать частицы материала заданного размера с минимальным количеством некондиционных фракций. Исследовали физико-механические свойств зерновых материалов, наиболее используемых при приготовлении комбикормов. Испытания по измельчению зернофуража проводили на лабораторной «установке для среза» и в производственных условиях в горизонтальной роторной дробилке. Установлено, что величина рабочего зазора δ в горизонтальной роторной дробилке оказывает влияние на энергоемкость и качество измельчения зернофуража. Показано изменение разрушающего усилия и критического напряжения среза. Качественная сторона оценивается совокупностью трех показателей: степенью измельчения λ, модулем помола М и фактической результативностью процесса измельчения $Ф_{ри}$. При зазоре δ ≈ 0 получены показатели $Ф_{ри}$ = 42,7, λ = 2 и М = 1,9 мм. При зазоре 1,5 мм показатели снижаются $Ф_{ри}$ = 11,7 и λ = 1,5 при М= 2,5 мм, что говорит о более низком качестве готового продукта. Выявлено, что при увеличении зазора между рабочими поверхностями, воздействующими на исходный продукт, до 20% возрастает энергоемкость процесса, до 2 раз время разрушения и до 33% количество некондиционных крупных и переизмельченных частиц готового продукта. Повышению общей эффективности процесса измельчения соответствует разделение на части зерновок при минимальном рабочем зазоре.*

Ключевые слова: *измельчение зерновых материалов, рабочий зазор, «установка для среза», роторная дробилка.*

INFLUENCE OF THE WORKING GAP ON EFFECTIVENESS OF GRINDING GRAIN MATERIALS IN A HORIZONTAL ROTARY CRUSHER

Lebedev Anatoly,
Full Doctor of Technical Sciences, professor, E-mail: lebedev.1962@mail.ru

Iskenderov Ramil,
Engineer, Research Assistant of the department "Technical service, standardization and metrology"
Shumsky Alexandr,
Postgraduate at the Department of "Technical service, standardization and metrology",
Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Stavropol State Agrarian University", Stavropol,
E-mail: iskenderov_ramil@inbox.ru
FGBOU VO Stavropol State Agrarian University, Stavropol

Abstract. *It is known that the choice of the optimal method for grinding the initial grain raw materials affects the equalization of the granulometric composition and the quality of the finished product. It has been revealed that the method of chipping or shearing, which is used in centrifugal rotor grinders of various designs, allows to obtain particles of a given size with a minimum number of unconditioned fractions. The physical and mechanical properties of grain materials most used in the preparation of mixed fodders have been investigated. Tests on the grinding of grain fodder were carried out on a laboratory "installation for cutting" and in production conditions in a horizontal rotary crusher. It is found that the value of the working air gap δ in the horizontal rotary crusher influences to the energy consumption and quality of milling grain forage. The change in the breaking force and the critical shear stress are shown. The qualitative side is evaluated by a set of three indicators: the degree of refinement λ, the grinding module M, and the actual performance of the grinding process* F_{ri}*. The values of* F_{ri} *= 42.7, λ = 2 and M = 1.9 mm were obtained at a gap δ ≈ 0. The indices decrease with a gap of 1.5 mm: Free = 11.7 and λ = 1.5 at M = 2.5 mm, which indicates a lower quality of the finished product. It has been revealed that as the gap between working surfaces influencing the initial product increases, energy intensity of the process increases up to 20%, up to 2 times the destruction time and up to 33% of the amount of unconditioned large and re-milled particles of the finished product. Increasing the overall efficiency of the grinding process corresponds to the separation into parts of the grain with a minimum working gap.*

Keywords: *grinding of grain materials, working gap, "installation for cutting", rotor crusher.*

Введение.

Выбор оптимального способа измельчения исходного зернового сырья не только влияет на выравненность гранулометрического состава, но и на качество готовой продукции. Менее энергозатратным, позволяющим получать частицы материала заданного размера с минимальным количеством некондиционных фракций, является способ скалывания или среза, который используется в измельчителях различных конструкций [1-4].

К примеру, вращаясь в пазу ротора горизонтальной роторной дробилки, зерновка проходит через противорез статора (рисунок 1), где посредством скалывания делится на

две части, одна из которых *1* выводится из дробильной камеры сразу, а вторая *2* может быть срезана повторно либо выведена цельной в следующем пазу [5].

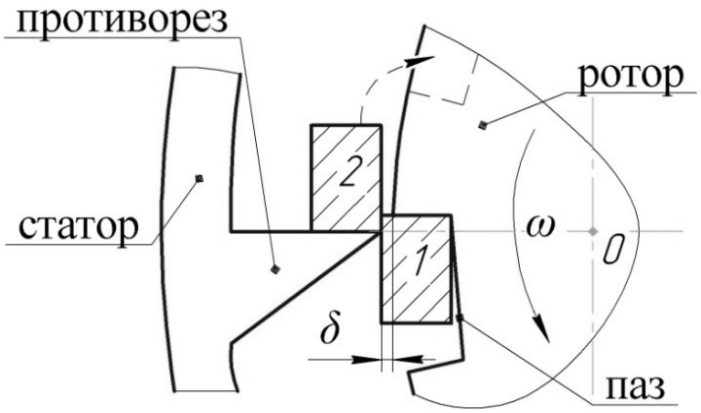


Рисунок 1 - Схема процесса разделения модели зерновки срезом

При этом важным условием среза является отсутствие или наличие минимально возможного зазора δ между режущими кромками рифлей статора и ротора, который необходим для надежной работы дробилки [1, 2, 3, 5]. Окончательная геометрия пространства приемной камеры, противорезов и пазов горизонтальной роторной дробилки будет зависеть от физико-механических свойств зернового материала и от требующейся крупности помола.

Экспериментальная часть.

Нами были проведены экспериментальные исследования физико-механических свойств зерновых материалов, наиболее используемых при приготовлении комбикормов. Уточненные показатели весовых и геометрических параметров при коэффициенте вариации V = 8…17% совпадают с данными, полученными другими авторами [6, 7, 8], а зерновой материал соответствует нормам и пригоден для проведения экспериментов по его измельчению. Результаты занесены в таблицу 1.

Экспериментальные исследования проводились в лабораторных условиях и в фермерских хозяйствах. Применялись общепринятые и частные методики, и оборудование в соответствии с действующими ГОСТами, с использованием методов планирования многофакторных экспериментов. Обработка экспериментальных данных проводилась с использованием методов математической статистики, программ Microsoft Excel 2007, ZetLab и JMicrovision.

Таблица 1 - Физико-механические свойства зерновых материалов

Вид зернового материала	Геометрические характеристики, мм			Масса 1000 шт., г	Влажность, %
	длина	ширина	высота		
Пшеница	5,99	3,08	2,75	32	11,89
Ячмень	8,64	3,46	2,67	41	12,22
Овес	9,36	2,44	2	31	12,04
Кукуруза	10,01	8,43	4,73	275	10,83
V, %	8…15			13…17	9…18

Результаты и обсуждение. На лабораторной установке по определению статического разрушающего усилия («установка для среза») зерновок $F_{ср}$ [9], зафиксированы значения для пшеницы 81 Н и 47 Н, для ячменя 130 Н и 64 Н, для овса 54 Н и 35 Н, для кукурузы 200 Н и 182 Н, вдоль и поперек, соответственно. Коэффициент вариации при этом составил V = 18…26 %. По полученным значениям силы $F_{ср}$ и площади срезанной поверхности $A_{ср}$ определили критические напряжения τ зерновок, средние значения которых занесены в таблицу 2. Для всех зерновых культур минимальные показатели напряжений соответствуют поперечному срезу. Показатели критических напряжений среза (скалывания) зерновых материалов коррелируют с данными исследований проведенными в разное время другими авторами [6, 8].

Таблица 2 - Критические напряжения на срез зерновых культур

Вид зернового материала	Критическое напряжение среза, МПа	
	вдоль зерновки	поперек зерновки
Пшеница	11,5	7,6
Ячмень	14,5	3,8
Овес	11,4	3,5
Кукуруза	4,6	2,9
V, %	19…25	18…26

Влияние величины рабочего зазора на эффективность процесса разделения зерновок на части проверено при разрушении зерновок пшеницы в поперечном направлении. Данные испытания проводили на лабораторной установке по определению статического разрушающего усилия [9]. При этом поверхность срезающего элемента, по отношению к неподвижному противорезу, устанавливалась с зазором 0,5 мм, 1 мм и 1,5 мм. По результатам эксперимента определено изменение разрушающего усилия τ, а также вариация количества зерновок, измельченных на 3 и более части $N_{3ч}$ и числа целых частиц $N_{ц}$. Критическое напряжение τ зерновки возрастает в среднем с 8,7 МПа при минимальном зазоре и до 11,9 МПа при δ = 1,5 мм. Из-за сложности фиксации зерновок при воздействии на них рабочих поверхностей срезающего элемента появление 5…15% $N_{ц}$ наблюдается уже при δ = 1 мм и увеличивается вплоть до 100% при δ > 1,5 мм. Разрушение зерна на 3 и более части $N_{3ч}$ наблюдается при любом зазоре и меняется от 7% до 15% при рабочем зазоре 1,5 мм, что связано с различной структурой зерновок, микротрещинами в них и другими факторами. Если установить зазор выше 1,5 мм, то процесс измельчения фактически не осуществляется, что подтверждается при разрушении пшеницы с зазором 2 мм между рабочими органами срезающего элемента, когда в готовом продукте находилось до 80% целых зерновок (рисунок 2).

Также отмечено увеличение времени разделения на части зерновок, что объясняется возникновением изгибающих составляющих. На скалывание зерновки пшеницы поперек без зазора, в среднем потребовалось усилие около 80 Н, а с зазором 1,5 мм - 90 Н. При этом время разделения составило 0,6 с и 1 с, соответственно (рисунок 3).

Используя известную конструкцию горизонтальной роторной дробилки [10, 11], были проведены дополнительные эксперименты по динамическому разрушению зерновок пшеницы при частоте вращения ротора 1400 мин$^{-1}$ и длине ротора 60 мм.

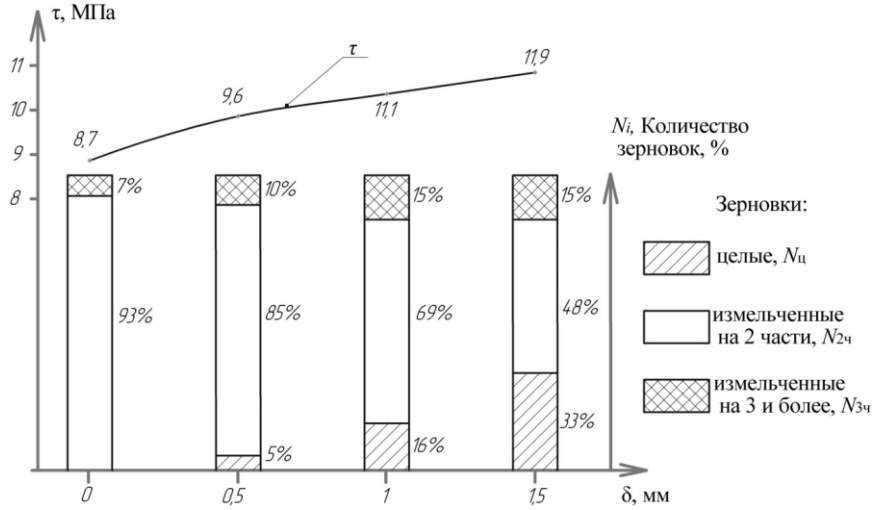


Рисунок 2 - Изменение характера измельчения зерна пшеницы на «установке для среза»

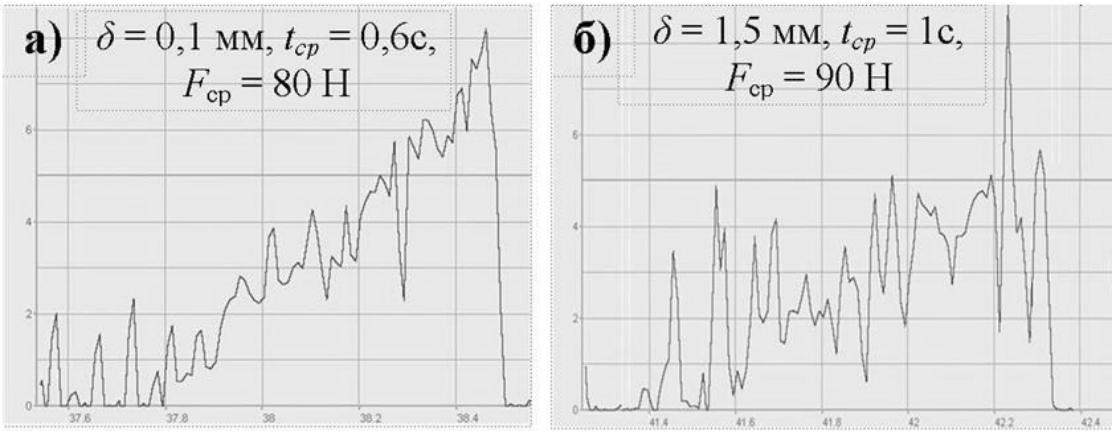


Рисунок 3 - Графики изменения разрушающего усилия зерновки пшеницы на «установке для среза» при минимальном (а) и максимальном (б) рабочем зазоре в программе ZetLab

Качество и эффективность измельчения, на основе проведенного ситового анализа, оценивались тремя показателями: фактической результативностью процесса [12], степенью измельчения и модулем помола.

Из графика на рисунке 4 видно, что наилучший рабочий зазор будет близким к нулевому значению. Так фактическая результативность в этом случае максимальна и равна 42,7, степень измельчения также имеет максимальное значение и равна 2, модуль помола 1,9 мм. При увеличении зазора качество готового продукта хуже за счет повышенного количества целых зерновок и пылевидных фракций готового продукта. Это отразилось в снижении показателя фактической результативности и степени измельчения, значение ко-

торых составили 11,7 и 1,5, соответственно, а модуль помола наоборот вырос до 2,5 мм, что объясняется увеличением больших по размеру частиц готового продукта.

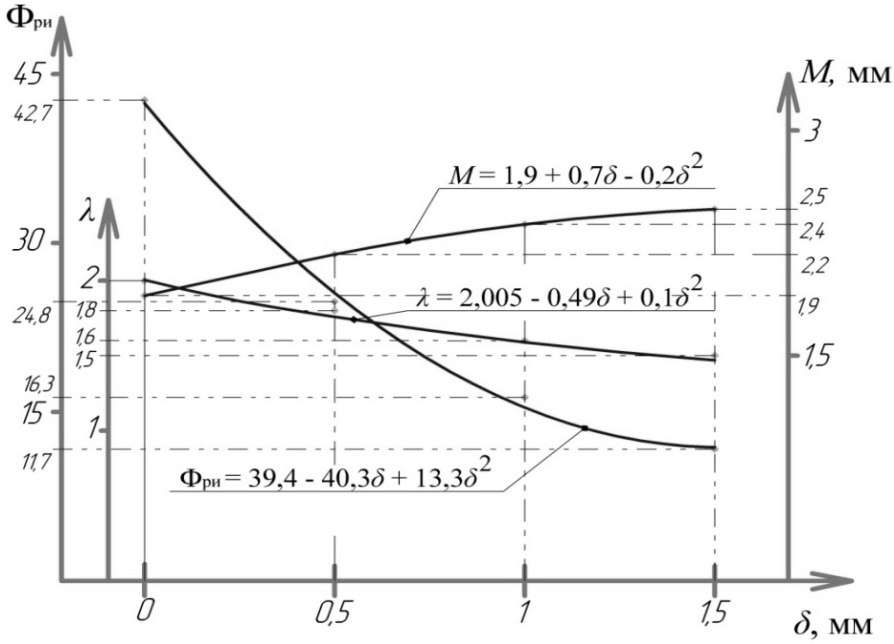


Рисунок 4 - Качество измельчения при изменении рабочего зазора δ (n = 1400 мин$^{-1}$, l = 60 мм)

Выводы. При поперечном разрушении зерновок пшеницы на «установке для среза» можно отметить, что с увеличением рабочего зазора: длительность до наступления разрушения увеличивается до двух раз; количество зерновок, разрушаемых на 3 и более части до 5-10 раз выше; количество не подвергнутых измельчению зерновок составило 33% и более от общей массы; среднее значение критического напряжения для разделения зерновок поперек возрастает на 10 - 20%. При производственных испытаниях на горизонтальной роторной дробилке значение зазора $\delta \approx 0$ мм можно считать оптимальным, так как при минимальном зазоре между противорезом статора и пазами ротора исключается пролет целых зерновок материала, что минимизирует недоизмельченные фракции. При этом, как показал эксперимент, количество мучных фракций при использовании горизонтальной роторной дробилки не более 2%.

Таким образом, для эффективного измельчения зерновых материалов необходимо контролировать зазор между рабочими поверхностями (ротором и статором) дробилки. При его увеличении происходит повышенное образование пылевидных фракций, проход недоизмельченных зерновок и увеличивается энергоемкость процесса измельчения.

Список литературы

1. Лебедев, А.Т. Анализ способов измельчения материалов. / А.Т. Лебедев, Р.Р. Искендеров. – Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК: сборник научных статей. – Ставрополь: АГРУС. -2013. – 221-224с.

2. Сабиев, У.К. Повышение однородности гранулометрического состава измельченного материала в измельчителе центробежно-роторного действия / У.К.

Сабиев, В.В. Фомин, И.У. Сабиев // Вестник Алтайского государственного университета №4 (78), 2011, С. 82-84.

3. Искендеров Р.Р., Очинский В.В., Лебедев А.Т. Измельчение зерновых материалов: проблемы и способы их решения // Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК: сборник научных статей «Агроуниверсал-2015» / Ставрополь, 2015. С 19-22.

4. Искендеров Р.Р., Лебедев А.Т. Молотковые дробилки: достоинства и недостатки // Вестник АПК Ставрополья. 2015. №1(17). С. 27-30.

5. Методологический подход к обоснованию принципа работы роторной дробилки / Р.Р. Искендеров, В.В. Очинский, А.Т. Лебедев, Р.В. Павлюк // Вестник ФГБОУ ВПО МГАУ им. В.П. Горячкина. 2015. №3(67). С. 24-28.

6. Мельников, С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм. / Л.: Колос, Ленинградское отделение. – 1978. – 560с.

7. Кулаковский И. В., Кирпичников Ф. С., Резник Е. И. Машины и оборудование для приготовления кормов: справочник часть 1. М.: Росссельхозиздат, 1987. С. 285.

8. Сыроватка В.И., Бледных В.В., Сергеев Н.С. Результаты резания фуражного зерна // Доклады РАСХН №3. М.:2008.

9. Совершенствование процесса измельчения зерна / Р.Р. Искендеров, В.В. Очинский, А.Т. Лебедев, Р.А. Магомедов, А.С. Шумский // Сельский механизатор. 2015. №1. С. 22-23.

10. Пат. 155477 Российская Федерация, МПК B 02 C 4/30. Роторная дробилка / А.Т. Лебедев, В.В. Очинский, Р.В. Павлюк, П.А. Лебедев, Р.А. Магомедов, А.В. Захарин, Р.Р. Искендеров и др.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Ставропольский ГАУ. № 2014129348/13; заявл. 16.07. 2014; опубл. 10.10.2015, Бюл. № 28.

11. Пат. 2552958 Российская Федерация, МПК B 02 C 4/10, B 02 C 4/28. Роторная дробилка / А.Т. Лебедев, В.В. Очинский, Р.Р. Искендеров и др.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Ставропольский ГАУ. № 2014108154/13; заявл. 03.03.2014; опубл. 10.06.2015, Бюл. № 16.

12. Лебедев, А.Т. Ресурсосберегающие направления повышения надежности и эффективности технологических процессов в АПК: монография. / Ставрополь. – 2012. – 376с.

References

1. Lebedev, A.T. Analiz sposobov izmel'chenija materialov. / A.T. Lebedev, R.R. Iskenderov. – Aktual'nye problemy nauchno-tehnicheskogo progressa v APK: sbornik nauchnyh statej. – Stavropol': AGRUS. -2013. – 221-224s.

2. Sabiev, U.K. Povyshenie odnorodnosti granulometricheskogo sostava izmel'chennogo materiala v izmel'chitele centrobezhno-rotornogo dejstvija / U.K. Sabiev, V.V. Fomin, I.U. Sabiev // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo universiteta №4 (78), 2011, S. 82-84.

3. Iskenderov R.R., Ochinskij V.V., Lebedev A.T. Izmel'chenie zernovyh materialov: problemy i sposoby ih reshenija // Aktual'nye problemy nauchno-tehnicheskogo progressa v APK: sbornik nauchnyh statej «Agrouniversal-2015» / Stavropol', 2015. S 19-22.

4. Iskenderov R.R., Lebedev A.T. Molotkovye drobilki: dostoinstva i nedostatki // Vestnik APK Stavropol'ja. 2015. №1(17). S. 27-30.

5. Metodologicheskij podhod k obosnovaniju principa raboty rotornoj drobilki / R.R. Iskenderov, V.V. Ochinskij, A.T. Lebedev, R.V. Pavljuk // Vestnik FGBOU VPO MGAU im. V.P. Gorjachkina. 2015. №3(67). S. 24-28.

6. Mel'nikov, S.V. Mehanizacija i avtomatizacija zhivotnovodcheskih ferm. / L.: Kolos, Leningradskoe otdelenie. – 1978. – 560s.

7. Kulakovskij I. V., Kirpichnikov F. S., Reznik E. I. Mashiny i oborudovanie dlja prigotovlenija kormov : spravochnik chast' 1. M. : Rosssel'hozizdat, 1987. S. 285.

8. Syrovatka V.I., Blednyh V.V., Sergeev N.S. Rezul'taty rezanija furazhnogo zerna. // Doklady RASHN №3. M.:2008.

9. Sovershenstvovanie processa izmel'chenija zerna / R.R. Iskenderov, V.V. Ochinskij, A.T. Lebedev, R.A. Magomedov, A.S. Shumskij // Sel'skij mehanizator. 2015. №1. S. 22-23.

10. Pat. 155477 Rossijskaja Federacija, MPK B 02 C 4/30. Rotornaja drobilka / A.T. Lebedev, V.V. Ochinskij, R.V. Pavljuk, P.A. Lebedev, R.A. Magomedov, A.V. Zaharin, R.R. Iskenderov i dr. ; zajavitel' i patentoobladatel' FGBOU VPO Stavropol'skij GAU. № 2014129348/13 ; zajavl. 16.07.2014 ; opubl. 10.10.2015, Bjul. № 28.

11. Pat. 2552958 Rossijskaja Federacija, MPK B 02 C 4/10, B 02 C 4/28. Rotornaja drobilka / A.T. Lebedev, V.V. Ochinskij, R.R. Iskenderov i dr. ; zajavitel' i patentoobladatel' FGBOU VPO Stavropol'skij GAU. № 2014108154/13 ; zajavl. 03.03.2014 ; opubl. 10.06.2015, Bjul. № 16.

12. Lebedev, A.T. Resursosberegajushhie napravlenija povyshenija nadezhnosti i jeffektivnosti tehnologicheskih processov v APK: monografija. / Stavropol'. – 2012. – 376s.

УДК 631.331

ИЗНОС ОТВЕРСТИЙ ДОЗИРУЮЩЕГО ДИСКА ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ПРОПАШНОЙ СЕЯЛКИ

Лебедев Анатолий Тимофеевич,
доктор технических наук, профессор, E-mail: lebedev.1962@mail.ru
Марьин Николай Александрович,
кандидат технических наук, E-mail:t707oa@rambler.ru
Захарин Антон Викторович,
кандидат технических наук, доцент, E-mail: anton-zaharin@mail.ru
Лебедев Павел Анатольевич,
кандидат технических наук, доцент, E-mail: zoya_lebedeva@mail.ru
Павлюк Роман Владимирович
кандидат технических наук, доцент, E-mail: roman_pavlyuk_v@mail.ru
ФГБОУ ВО Ставропольский государственный аграрный университет, г. Ставрополь

Реферат. *Известно, что процесс эксплуатации пневматической пропашной сеялки влияет на качество выполнения посева, густоту стояния и развитие растений. Изучена проблема износа отверстий дозирующего диска пневматической пропашной сеялки. Показано, что при нижнем расположении высевающего аппарата повышается точность посева*

семенного материала пропашных культур, но работа протекает в зоне большой запыленности воздуха с увеличенной концентрацией пылевидного абразива. Увеличение концентрации абразивных частиц в зоне контакта пары трения дозирующего диска и уплотнительной прокладки усиливает процесс износа данных деталей. Установлено влияние применения протравителей семян на характер и скорость износа присасывающего отверстия дозирующего диска. Теоретически определена зависимость объема камеры ресивера от износа присасывающего отверстия. На основании экспериментальных исследований рассмотрено влияние износа присасывающего отверстия дозирующего диска на изменение качества посева пропашных культур. Установлена зависимость между нарушением технологического процесса и увеличением затрат, связанных с перерасходом посевного материала. Проведен теоретический анализ основных направлений ремонта деталей высевающего аппарата. Исследованы способы вторичного использования дозирующего диска без ухудшения эксплуатационных характеристик. Предложен метод перестановки ворошильных флажков в другую рабочую позицию дозирующих дисков для снижения экономических затрат на покупку новых. Раскрыта технология переустановки ворошильных флажков после достижения предельного износа присасывающего отверстия дозирующего диска. Применение переустановки ворошильных флажков возможно в каждом крестьянско-фермерском хозяйстве или в центральной ремонтной мастерской сельскохозяйственного предприятия.

Ключевые слова: *износ, семенной материал, дозирующий диск, ворошильные флажки.*

MECHANISM OF WEAR OF THE EDGE OF THE EDGE OF THE OPENING DISC OF THE PNEUMATIC DRILLING SEED

Lebedev Anatoly,
Full Doctor of Technical Sciences, professor, E-mail: lebedev.1962@mail.ru
Marin Nikolay,
Candidate of Technical Sciences, E-mail: t707oa@rambler.ru
Zakharin Anton,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, E-mail: anton-zaharin@mail.ru
Lebedev Pavel,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, E-mail: zoya_lebedeva@mail.ru
Pavlyuk Roman,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, E-mail: roman_pavlyuk_v@mail.ru

FGBOU VO Stavropol State Agrarian University, Stavropol

Abstract. *It is known that the process of operating a pneumatic seed drill affects the quality of sowing, the density of standing and the development of plants. The problem of wear and tear of the holes of the dosing disk of the pneumatic seeder is studied. It is shown that with the lower location of the sowing apparatus the precision of sowing of the seed material of the row crops is increased, but the work proceeds in the zone of high dust content of the air with an increased concentration of pulverized abrasive. Increasing the concentration of abrasive particles in the contact area of the friction pair of the metering disc and the gasket increases the wear process of*

these parts. The effect of the application of seed protectants on the character and wear rate of the suction opening of the dosing disk is established. Dependence of the volume of the chamber of the receiver on the wear of the suction port is theoretically determined. The effect of wear on the suction opening of the dosing disc on the change in the quality of sowing of tilled crops is considered on the basis of experimental studies. The relationship between the process violation and the increase in costs associated with the over-expenditure of seed is established. Theoretical analysis of the main areas of repair of the parts of the seeding device was carried out. Methods for re-use of the metering disc without deteriorating performance are used. The method of rearranging the tedious flags in another working position of the metering discs in order to reduce the economic costs of purchasing new ones was proposed. The technology of resetting the tedious flags after reaching the extreme wear of the suction opening of the metering disk is disclosed. The use of reinstallation of tedious flags is possible in every peasant farm or in the central repair shop of an agricultural enterprise.

Keywords*: wear, edge, seed material, dosing disk, tedious flags.*

Введение. Выращивание технических культур в России со снижением себестоимости и увеличением рентабельности - ключевая задача производителей сельскохозяйственных культур. Продуктивность и качество урожая пропашных культур определяется густотой посева и развитием растений. Качественно выполненный посев, является основным фактором в технологии производства и определяющим уровнем в получении высокого урожая продукции.

Наибольшим предпочтением при посеве пропашных культур пользуются пневматические пропашные 8 и 12 рядные сеялки импортного и отечественного производства. Одним из основных показателей работы пневматического высевающего аппарата является своевременная и точная подача семенного материала пропашных культур в сошник [1].

Пневматический высевающий аппарат работает следующим образом. Семена из бункера поступают в семенную камеру, где под действием разрежения присасываются к отверстиям дозирующего диска, расположенного между семенной и вакуумной камерами. Затем они транспортируются в зону сброса, где подача вакуума прекращается, и они под действием собственного веса падают в сошник и укладываются в борозду [2].

Отсутствие семяпроводов у пневматических пропашных сеялок с нижним расположением высевающего аппарата, например, KUNH Planter II, улучшает равномерность распределения семенного материала в рядке, но при этом высевающий аппарат работает в зоне большой запыленности воздуха с увеличенной концентрацией пылевидного абразива. Увеличение концентрации абразивных частиц в зоне контакта пары трения дозирующего диска и уплотнительной прокладки усиливает процесс износа данных деталей. Все это приводит к появлению рисок, задиров, царапин, искажению начальной формы сопряжения, и не дает плотно контактировать между собой диску и прокладке [3].

Материалы и методы. Дозирующий диск 1 в совокупности с уплотнительной прокладкой 2 служит для герметизации корпуса вакуумной и семенной камеры, и образует рабочий объем (ресиверную камеру) 3 которая служит для стабилизации силы присасывания и сглаживания пульсаций вакуума в системе (рис. 1). Объем цилиндра присасывающего отверстия

так же является частью ресиверной камеры. Изменение величины разряжения в результате кратковременного отклонения давления в семенной камере приводит к возникновению пульсирующего эффекта движения семенного материала вокруг присасывающего отверстия [4].

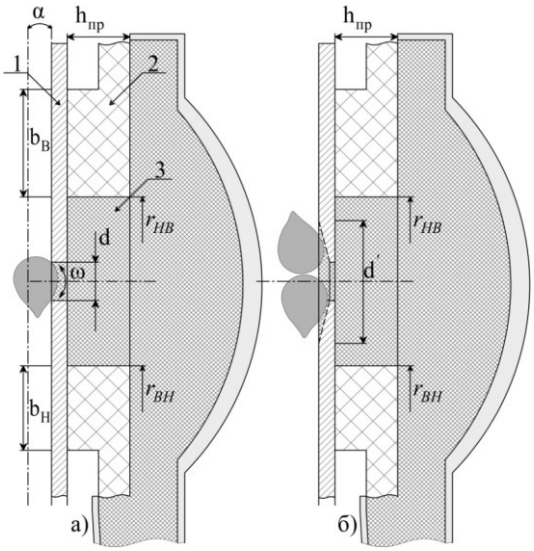


Рисунок 1 - Схема износа присасывающего отверстия дозирующего диска:
а) новый высевающий комплект б) износ дозирующего диска в зоне контакта семени с присасывающим отверстием

Исходный объем ресиверной камеры можно определить из формулы:

$$V_{ка} = S_p \cdot H_{пр} + M_{от} \cdot V_{от} \quad (1)$$

где $H_{пр}$ - высота уплотнительной прокладки, м; $S_р$ - площадь ресивера, м2; $M_{от}$ - коэффициент, учитывающий количество присасывающих отверстий, шт; $V_{от}$ - объем воздуха в присасывающем отверстии, м3

Площадь ресивера, определяется:

$$S_р = \frac{\alpha \cdot \pi}{360}(r_{НВ}^2 - r_{ВН}^2) \quad (2)$$

где $r_{НВ}$ - радиус нижней точки контакта верхнего выступа, м; $r_{ВН}$ - радиус верхней точки контакта нижнего выступа уплотнительной прокладки, м; α - угол сектора, в градусах.

В результате этого семенной материал постоянно вибрирует и поворачивается с разной угловой скоростью ω вокруг присасывающего отверстия, что приводит к износу.

Характер и скорость износа присасывающего отверстия дозирующего диска будет зависеть от применения химически активных веществ, входящих в состав протравителей семян [5]. Образующиеся на поверхности дозирующего диска и уплотнительной прокладки оксиды и мультимолекулярные адсорбированные слои толщиной 0,01...0,10 мкм, усиливают процесс окисления и коррозионного изнашивания, что способствует быстрому поверхностному разрушению материала деталей, сопровождающегося отделением частиц, изменением размеров, геометрической формы и свойств поверхностных слоев материала

[6]. Это вызвано, тем что подготовка к посеву семенного материала пропашных культур предусматривает предварительное шлифование семян, калибрование на посевные фракции, сортирование по плотности и аэродинамическим свойствам. Предпосевная подготовка семенного материала пропашных культур предусматривает применение биологических и химических средств, а также способов нанесения их на семена, обеспечивающих защиту от болезней и вредителей [7].

Таким образом, со временем к отверстию, изменившему диаметр контактирования с семенным материалом могут присасываться по несколько семян при этом качество дозирования высевающего аппарата ухудшается, появляются двух штучные и трех штучные подачи (рисунок 2).

При этом, объем цилиндра присасывающего отверстия можно вычислить по формуле:

$$V_ц = \pi r_о^2 h_ц \tag{3}$$

где: $r_о$- радиус присасывающего отверстия дозирующего диска, м; $h_ц$ - высота цилиндра, м.

Объем усеченного конуса в случае износа в зоне контакта присасывающего отверстия и семенного материала можно вычислить по формуле:

$$V_к = \frac{1}{3}\pi h_к (R_в^2 + R_в \cdot r_о + r_о^2) \tag{4}$$

где: $R_в$- радиус верхнего основания конуса, м; $h_к$ – высота конуса, м.

Объем ресивера с учетом износа присасывающего отверстия можно вычислить по формуле:

$$V_и = V_{ресив} - V_к \tag{5}$$

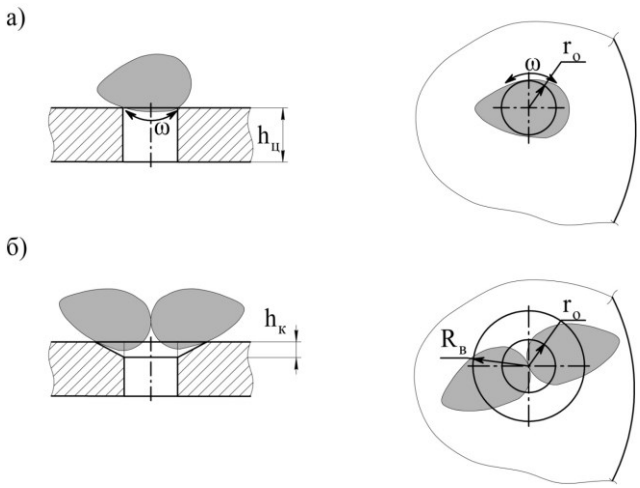


Рисунок 2 - Схема контактов и изменений присасывающих отверстий дозирующего диска: а – схема присасывания семени к не изношенному отверстию дозирующего диска; б – схема присасывания семян к изношенному отверстию дозирующего диска

Результаты и их обсуждение. Анализируя выше изложенное, можно сделать вывод о том, что с появлением и увеличением износа присасывающего отверстия дозирующего

диска, снижается объем ресиверной камеры что негативно сказывается на качестве процесса посева [8] (рисунок 3).

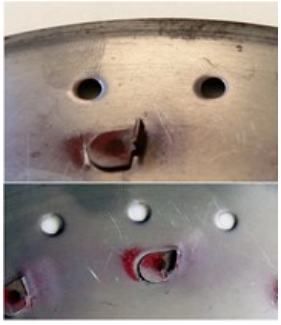


Рисунок 3 - Износ присасывающего отверстия дозирующего диска для семян подсолнечника

Из-за невозможности замены во время проведения посевной, которая проводится в кратчайшие сроки при оптимальных климатических условиях для пропашных культур, приходится производить замену высевающего комплекта либо до, либо после посевной. Предупредительная замена дозирующих дисков и уплотнительных прокладок приводит к недоиспользованию заложенного ресурса и повышению материальных затрат в эксплуатации, особенно, для сеялок импортного производства [9].

Заключение. В качестве снижения экономических затрат на покупку новых дозирующих дисков при износе присасывающего отверстия может служить способ перестановки ворошильных флажков в другую рабочую позиции. Этот этап реализуется после того, как поверхность присасывающего отверстия дозирующего диска, контактирующая с семенным материалом, достигает предельного значения износа. Данное техническое решение предусматривает переустановку ворошильных флажков, на не изношенную поверхность диска, с возможностью выполнения в каждом крестьянско-фермерском хозяйстве или в центральной ремонтной мастерской сельскохозяйственного предприятия, что более экономически выгоднее, чем покупка и установка нового дозирующего диска [10].

Список литературы

1. Марьин Н. А. Повышение ресурса дозирующих дисков пневматических пропашных сеялок: дис. ... канд. техн. наук / Марьин Н. А. - Мичуринск-Наукоград РФ, 2015. - 142 с.

2. Марьин Н. А. Повышение ресурса дозирующих дисков пневматических пропашных сеялок: автореф. дис ... канд. техн. наук / Марьин Н. А.; - Мичуринск-Наукоград РФ, 2015. - 19 с.

3. Лебедев А. Т. Влияние состава почв на эффективность работы и износ пар трения высевающего аппарата / А. Т. Лебедев , Н. А. Марьин , А. Н. Марьин , П. А. Лебедев , Р. В. Павлюк, Е.Н. Королёва // Сборник научных трудов SWorld. 2013. Т. 11. С. 91-95.

4. Марьин Н. А. Анализ потерь вакуума в пневмотранспортной системе пневматической пропашной сеялки / Н. А. Марьин , А. В. Захарин, Р. В. Павлюк, А. Н. Марьин, А. Т. Лебедев //Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК XI Международная научно-практическая конференция, посвященная 65-летию факультета механизации

сельского хозяйства, в рамках XVII Международной агропромышленной выставки "Агроуниверсал-2015". Ставрополь: АГРУС, 2015. С. 105-111

5. Севернев, М. М. Износ и коррозия сельскохозяйственных машин / М. М. Севернев, Н. Н. Подлекарев, В. Ш. Сохадзе, В. О. Китиков.– Минск: Белорусская наука, 2011. – 333 с.

6. Гаркунов, Д. Н. Виды трения и износа. Эксплуатационные повреждения деталей машин / Д. Н. Гаркунов, П. И. Корник. – М.: Изд-во МСХА, 2003.

7. Святова, О.В. Современное состояние производственной деятельности семенных заводов по подработке и хранению семян сахарной свеклы [Текст] / О.В. Святова // Вестник курской государственной сельскохозяйственной академии. 2008. - №3. – С. 76 – 80.

8. Лебедев А. Т. Анализ возможности организации восстановления работоспособности дисков высевающих аппаратов пневматических сеялок / А. Т. Лебедев, Н. А. Марьин, А. Н. Марьин, Е. Н. Королёва//Сборник научных трудов SWorld. 2012. Т.6. С.97–100.

9. Марьин Н. А. Восстановление работоспособности дисков высевающих аппаратов пневматических сеялок импортного производства / Н. А. Марьин, А. В. Каа // Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники. Саратов: КУБиК, 2012. С. 156–159.

10. Lebedev A. T. Techno-economic model of comparative assessment of efficiency of resource increase of friction pair "disk-gasket" of pneumatic seeding machine / A. T. Lebedev, N. V. Valuev, N. A. Mar'in, R. V. Pavlyuk, A. N. Mar'in // ВестникАПК Ставрополья №S2 - 2016 - С. 127-132.

References

1. Maryin N.A. Increase in a resource of the dosing disks pneumatic the propashnykh of seeders: yew. Cand.Tech. Sci. / Maryin N.A. - Michurinsk Science city of the Russian Federation, 2015. - 142 pages.

2. Maryin N.A. Increase in a resource of the dosing disks pneumatic the propashnykh of seeders: автореф. yew.... Cand.Tech.Sci. / Maryin N.A.; - Michurinsk Science city of the Russian Federation, 2015. - 19 pages.

3. Lebedev A. T. Influence of composition of soils on overall performance and wear of couples of friction of the sowing device / A.T. Lebedev, N.A. Maryin, A.N. Maryin, P.A. Lebedev, R.V. Pavlyuk, E.N. Korolyova//the Collection of scientific works SWorld. 2013. T. 11. Page 91-95.

4. Maryin N.A. The analysis of losses of a vacuum in the pneumotransport system of the pneumatic propashny seeder / N.A. Maryin, A.V. Zakharin, R.V. Pavlyuk, A.N. Maryin, A.T. Lebedev//Current problems of scientific and technical progress in agrarian and industrial complex the XI International scientific and practical conference devoted to the 65 anniversary of faculty of mechanization of agriculture within the XVII International agro-industrial Agrouniversal-2015 exhibition. Stavropol: AGRUS, 2015. Page 105-111

5. Severnev, M.M. Iznos and corrosion of farm vehicles / M.M. Severnev, N.N. Podlekarev, V.Sh. Sokhadze, V.O. Kitikov. – Minsk: Belarusian science, 2011. – 333 pages.

6. Garkunov, D. N. of Vida of friction and wear. Operational damages of details of machines / D.N. Garkunov, P.I. Kornik. – M.: MSHA publishing house, 2003.

7. Svyatova, O.V. The current state of production activity of the seed plants on a side job and storage of seeds of sugar beet [Text] / O.V. Svyatova//Messenger of the Kursk state agricultural academy. – Kursk, 2008. - No. 3. – Page 76 – 80.

8. Lebedev A. T. The analysis of a possibility of the organization of maintenance of disks of the sowing devices of pneumatic seeders / A.T. Lebedev, N.A. Maryin, A.N. Maryin, E.N. Korolyova//the Collection of scientific works SWorld. 2012. T.6. Page 97-100.

9. Maryin N.A. Maintenance of disks of the sowing devices of pneumatic seeders of import production / N.A. Maryin, A.V. Kaa//Problems of profitability and maintenance of the autotractor machinery. Saratov: CUBE, 2012. Page 156-159.

10. Lebedev A. T. Techno-economic model of comparative assessment of efficiency of resource increase of friction pair "disk-gasket" of pneumatic seeding machine/A. T. Lebedev, N. V. Valuev, N. A. Mar'in, R. V. Pavlyuk, A. N. Mar'in//Vestnikapk of Stavropol Territory No. S2 - 2016 - C. 127-132.

УДК 621.797. (631.354.2)

РАБОЧИЕ ПОВЕРХНОСТИ ШПОНОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

Лебедев Анатолий Тимофеевич
доктор технических наук, профессор, E-mail: lebedev.1962@mail.ru
Павлюк Роман Владимирович
кандидат технических наук, доцент, E-mail: roman_pavlyuk_v@mail.ru
Захарин Антон Викторович
кандидат технических наук, доцент, E-mail: anton-zaharin@mail.ru
Лебедев Павел Анатольевич
кандидат технических наук, доцент, E-mail: zoya_lebedeva@mail.ru
Жевора Юрий Иванович
кандидат экономических наук, профессор,
Зубенко Елена Васильевна
кандидат технических наук, доцент,
ФГБОУ ВО Ставропольский государственный аграрный университет, г. Ставрополь

Реферат. *В сельскохозяйственном производстве страны растет износ машинно-тракторного парка. Известно, что многочисленные пары трения в механических передачах сельскохозяйственной техники имеют определённые ограничения по эксплуатации. Изучали причины отказов шпоночных соединений и условия контактирования их рабочих поверхностей. Определили наиболее ответственные рабочие поверхности шпоночного соединения, используя иерархическую схему зерноуборочного комбайна. Установили, что при работе шпоночного соединения, в зависимости от угла поворота, площадь контакта рабочих поверхностей паза ступицы и шпонки изменяется. Предложено стянуть проблемное соединение по принципу «двойного ласточкиного хвоста», чтобы убрать цикличность изменения скорости контактирования рабочих поверхностей шпонки со ступицей.*

Выявлено, что причиной низкой долговечности шпоночного соединения является наличие зазора в сопряжениях «вал-втулка» и «шпонка – шпоночный паз». Предложены конструкции модернизированного шпоночного и «псевдошлицевого» соединений, в которых устранен зазор. Экспериментальные исследования показали, что более эффективным техническим решением является установка съемной ступицы, которая может быть изготовлена в виде ремонтного комплекта в ремонтных мастерских хозяйств. Выявлены ограничения е применения съемной ступицы: не может быть применена в подвижных соединениях. Предложен ремонтный комплект, снижающий время восстановления работоспособности узла и машины в целом. Применение предлагаемого ремонтного комплекта приведет к снижению времени восстановления работоспособности.

Ключевые слова: *зерноуборочный комбайн, ресурс, ремонтный комплект, отказ, восстановление, шпоночное соединение рабочие поверхности деталей.*

WORKING SURFACES OF KEYED JOINTS OF COMBINE HARVESTERS

Lebedev Anatoly,
Full Doctor of Technical Sciences, professor, E-mail: lebedev.1962@mail.ru
Pavlyuk Roman,
candidate of technical Sciences, E-mail: roman_pavlyuk_v@mail.ru
Zakharin Anton,
candidate of technical Sciences, E-mail: anton-zaharin@mail.ru
Lebedev Pavel,
candidate of technical Sciences, E-mail: zoya_lebedeva@mail.ru
Jevora Yurii,
candidate of Economic Sciences, the professor
Zubenko Elena,
candidate of technical Sciences, the senior lecturer
FGBOU VO Stavropol State Agrarian University, Stavropol

Abstract. *Wear of machine and tractor fleet is growing in the country's agricultural production. It is known that numerous pairs of friction in the mechanical transmission of agricultural machinery have certain limitations on operation. The reasons for the failure of keyed connections and the conditions for contacting their working surfaces were studied. The most important working surfaces of the keyed connection were determined using the hierarchical scheme of the combine harvester. It was found that when the keyed joint is working, the contact area of the working surfaces of the hub slot and key varies depending on the angle of rotation. It is proposed to pull the problem connection according to the principle of "double swallowtail" in order to remove the cyclicity of the change in the speed of contacting the working surfaces of the key with the hub. It was found that the reason for the low durability of the keyed joint is the presence of a gap in the matings "shaft-bushing" and "key-keyway". The designs of the modernized keyed and "pseudo-bolt" connections are proposed, in which the gap is eliminated. Experimental studies have shown that a more effective technical solution is the installation of a removable hub, which can be made in the form of a repair kit in the repair shops of farms. Restrictions on the use of a*

detachable hub are revealed: it cannot be used in mobile connections. Repair kit, which reduces the time of restoration of the working capacity of the unit and the machine as a whole, is proposed. The use of the proposed repair kit will lead to a decrease in the recovery time.

Keywords: *a combine harvester, resource, repair kit, failure, restoration, keyed connection, work surfaces of parts*

Введение. При уборке зерновых культур для сельхозпроизводителя очень важно оценить надежность используемых зерноуборочных комбайнов [1-5]. В Ставропольском крае преимущественно используются зерноуборочные комбайны семейства «Ростсельмаш» (рисунок 1).

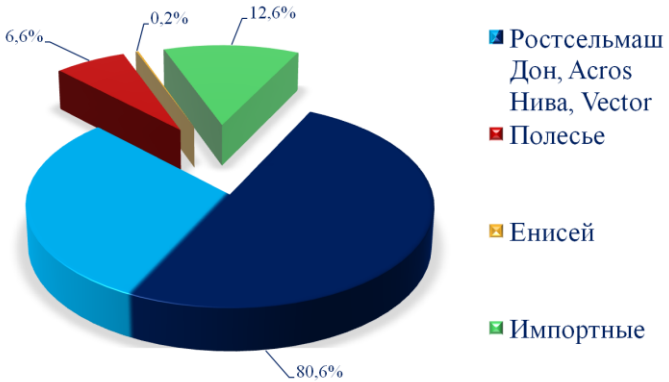


Рисунок 1 – Структура комбайнового парка сельскохозяйственных товаропроизводителей Ставропольского края

Касаясь надёжности их работы, следует отметить, что сбои и простои в эксплуатации сельскохозяйственной техники ведут к значительным финансовым убыткам.

Анализ ситуации с машинно-тракторным парком в Ставропольском крае показал, что идет снижение общего количества сельскохозяйственной техники, которое, как следствие, ведет к уменьшению производства сельскохозяйственной продукции, банкротству и самоликвидации многих сельскохозяйственных предприятий. Численные объемы закупаемой новой техники малы и не покрывают потребностей сельских товаропроизводителей, поэтому работа ведется в основном на старой и изношенной технике, что обуславливает рост износа машинно-тракторного парка сельскохозяйственных предприятий края.

Из таблиц дефектации, указанных в специальных руководствах, нормах и правилах изготовления и ремонта, следует, что в большинстве случаев определённые ограничения по эксплуатации имеют многочисленные пары трения, в частности, шпонки, шпоночные пазы, как правило, работающие в сложных условиях реверса и попадания абразива [6]. Несмотря на тенденцию к росту количества приобретаемых зерноуборочных комбайнов нагрузки на единицу данного вида машин не снижаются из-за увеличения площади посева зерновых, вместо которых ранее производили кормовые культуры.

Материалы и методы исследований.

В работе использована обобщенная методика Т.А. Лебедева [7].

Результаты и обсуждение. В соответствии с обобщенной методикой, предложенной д.т.н. А. Т. Лебедевым [7], зерноуборочный комбайн можно представить, как самостоятельную сложную техническую систему, и построить для него иерархическую схему (ри-

сунок 2), согласно которой, составными частями неподвижного соединения выступают детали в виде шкива, шпонки, вала. Низшими элементами иерархической схемы зерноуборочного комбайна являются: цилиндрическая рабочая поверхность вала, контактирующая с цилиндрической поверхностью шкива; поверхность шпонки, которая одновременно взаимодействует с поверхностями шпоночных пазов шкива и вала.

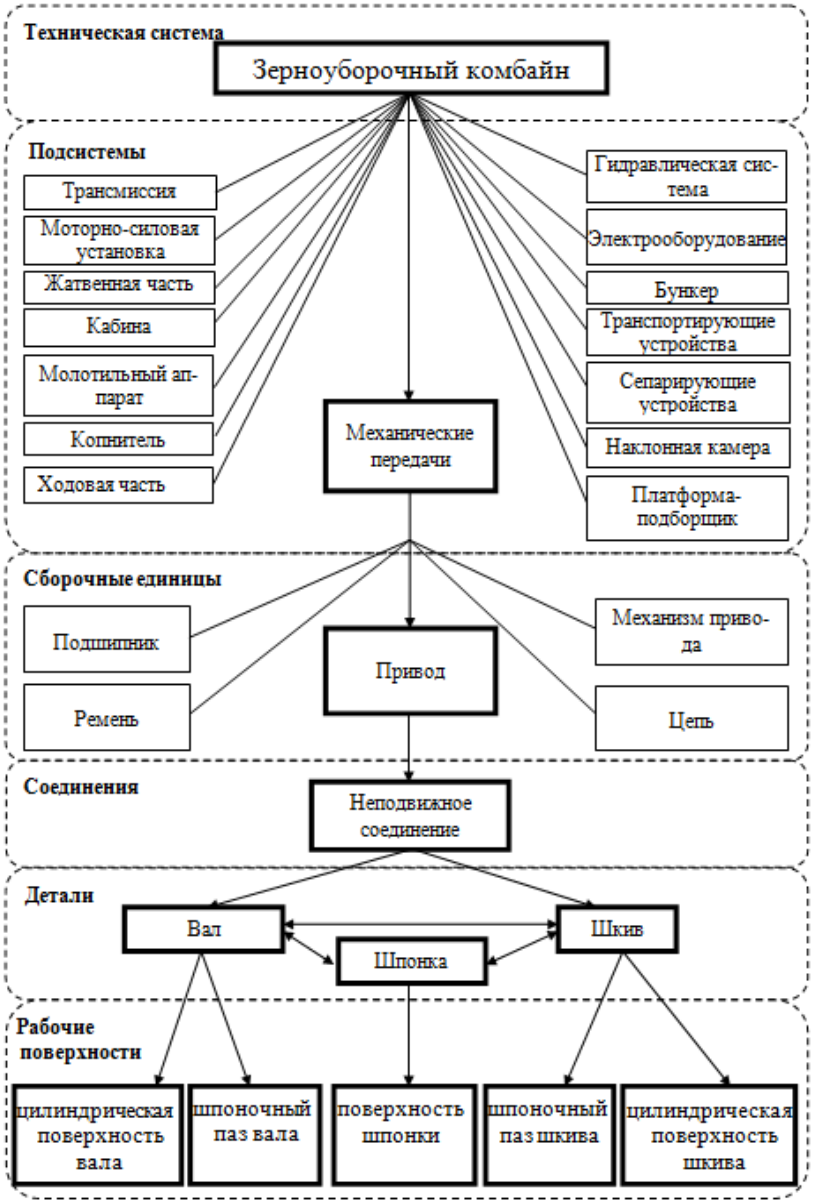


Рисунок 2 – Иерархическая схема зерноуборочного комбайна

Функционально, за счет вращения вала и, соответственно, его боковых рабочих поверхностей паза, посредством боковой рабочей поверхности шпонки, установленной в нем, передается крутящий момент на боковые поверхности паза шкива с одновременным взаимоконтактированием цилиндрической рабочей поверхности вала с цилиндрической поверхностью отверстия шкива.

Вышеперечисленные рабочие поверхности деталей (РПД) неподвижного шпоночного соединения, контактирующие между собой, должны обеспечить максимальную передачу

крутящего момента. Это и есть целевое назначение РПД неподвижного шпоночного соединения.

Износ отдельных деталей неподвижного шпоночного соединения происходит, в основном, из-за постепенного поверхностного разрушения материала деталей, сопровождающегося отделением частиц, изменением размеров, геометрической формы и свойств поверхностных слоев материала.

Исследованиями П.Ф. Дунаева, О.П. Леликова, О.А. Леонова [8, 9] установлено, что если в соединении «вал – втулка» есть зазор, то при вращении высота контакта паза ступицы со шпонкой будет отклоняться от расчетной в зависимости от угла поворота. Поэтому ресурс шпоночного соединения будет определяться зазором в соединении и углом поворота ступицы и вала.

Основными путями повышения работоспособности шпоночного соединения являются устранение в нем зазора и величины его изменения (рисунок 3). Данное условие может быть осуществлено в ряде предлагаемых нами конструкций.

Рисунок 3 – Способы повышения надежности шпоночного соединения

Для того чтобы убрать цикличность изменения скорости контактирования рабочих поверхностей шпонки со ступицей, мы предполагаем стянуть проблемное соединение по принципу «двойного ласточкиного хвоста» [10], которое может применяться как в неподвижных, так и в подвижных соединениях, например, в ступице отбойного битера РСМ.10.01.15.609А и в вариаторах. Но данное соединение имеет ограничения – оно может быть только установлено на выходном валу из-за конструктивных особенностей. Предлагаемое техническое решение, возможно, осуществлять в основном на заводах-изготовителях, а в условиях ремонтных мастерских хозяйств менее приемлемо ввиду большой сложности изготовления.

При способе соединения с натягом деталей вал-втулка (псевдошлицевое соединение) [11] подразумевается создание на валу заведомо твердых участков в виде прямоугольных секторов. Сборка соединения осуществляется с натягом, обеспечивающим вдавливание твердых секторов вала в сопрягаемую поверхность втулки, что и образует псевдошлице-

вое соединение. При этом увеличивается количество разборо-сборочных операций с минимальным изменением величины фактического натяга в соединении. Но следует отметить, что данное конструктивное решение имеет высокую трудоемкость выполнения, добиться строгой формы упрочненных секторов довольно сложно, причем для разборки необходимо применение специального приспособления, что существенно снижает ремонтопригодность соединения.

Заключение. Для реальных условий эксплуатации зерноуборочных комбайнов наиболее эффективным является установка вместо существующих шпоночных соединений, где это позволяют технические требования, съемной ступицы для монтажа вращающегося элемента на приводном валу [12], которая может быть изготовлена в виде ремонтного комплекта с достаточной точностью в ремонтных мастерских хозяйств. Следует отметить, что существуют некоторые ограничения на установку предлагаемой съемной ступицы, которая не может быть применена в подвижных соединениях, например, в вариаторах. Данный предлагаемый ремонтный комплект должен снизить время восстановления работоспособности.

Список литературы

1. Сазонов С.Н., Ерохин Г.Н., Коновский В.В. Моделирование показателей использования зерноуборочных комбайнов ACROS 530 И VECTOR 410//АПК России. 2013. Т. 65. С. 114-117.

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

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

4. Ерохин Г.Н., Коновский Г.Н. Мониторинг надежности зерноуборочных комбайнов ДОН-1500// Техника и оборудование для села. 2002. № 8. С. 18-19.

5. Ерохин Г.Н., Коновский В.В. Оценка надежности зерноуборочных комбайнов в условиях тамбовской области// Наука в центральной России. 2013. № 1. С. 36-40

6. Лебедев А. Т. Исследования наработки на отказ шпоночных соединений зерноуборочных комбайнов «ДОН-1500» в условиях рядовой эксплуатации / А. Т. Лебедев, Р. В. Павлюк // Сельский механизатор. 2011. № 11. С. 36-38.

7. Лебедев А. Т. Ресурсосберегающие направления повышения надежности и эффективности технологических процессов в АПК: монография. / Ставрополь, 2012. 376 с.

8. Дунаев П. Ф. Расчет допусков размеров / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов М.: Машиностроение, 2001. 240 с.

9. Леонов О. А. Взаимозаменяемость унифицированных соединений при ремонте сельскохозяйственной техники. Монография. М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2003: 167 с.

10. Пат. 86682 Российская Федерация, F16B 3/00. Шпоночное соединение / А.Т. Лебедев, Р.В. Павлюк, Р.А. Магомедов [и др.]. - №2008152632/22; заявл. 29.12.2008; опубл. 10.09.2009 Бюл. №25. - 2 с.

11. Пат. 2428295 Российская Федерация, B23P11/02. Способ соединения с натягом деталей вал-втулка А.Т. Лебедев, Р.В. Павлюк, Р.А. Магомедов [и др.]. - №2010100664/02; заявл. 11.01.2010; опубл. 10.09.2011 Бюл. №25. - 7 с.

12. Пат. 2402701 Российская Федерация, F16D 1/09. Съемная ступица для монтажа вращающегося элемента на приводном валу / А.Т. Лебедев, Р.В. Павлюк, Р.А. Магомедов [и др.]. - № 2009119273/11; заявл. 21.05.2009; опубл. 27.10.2010 Бюл. №30. - 9 с.

References

1. Sazonov S.N., Erohin G.N., Konovskij V.V. Modelirovanie pokazatelej ispol'zovanija zernouborochnyh kombajnov ACROS 530 I VECTOR 410//APK Rossii. 2013. T. 65. S. 114-117.

2. Erohin G.N., Sazonov S.N., Konovskij V.V. O Nadezhnosti raboty sovremennyh zernouborochnyh kombajnov// Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2013. № 6. S. 59-63.

3. Erohin G.N., Reshetov A.S. Ocenka urovnja nadezhnosti raboty zernouborochnyh kombajnov v sel'hozpredprijatii // Tehnika v sel'skom hozjajstve. 2012. № 6. S. 10-12.

4. Erohin G.N., Konovskij G.N. Monitoring nadezhnosti zernouborochnyh kombajnov DON-1500// Tehnika i oborudovanie dlja sela. 2002. № 8. S. 18-19.

5. Erohin G.N., Konovskij V.V. Ocenka nadezhnosti zernouborochnyh kombajnov v uslovijah tambovskoj oblasti// Nauka v central'noj Rossii. 2013. № 1. S. 36-40

6. Lebedev A. T. Issledovanija narabotki na otkaz shponochnyh soedinenij zernouborochnyh kombajnov «DON-1500» v uslovijah rjadovoj jekspluatacii / A. T. Lebedev, R. V. Pavljuk // Sel'skij mehanizator. 2011. № 11. S. 36-38.

7. Lebedev A. T. Resursosberegajushhie napravlenija povyshenija nadezhnosti i jeffektivnosti tehnologicheskih processov v APK: monografija. / Stavropol', 2012. 376 s.

8. Dunaev P. F. Raschet dopuskov razmerov / P. F. Dunaev, O. P. Lelikov M.: Mashinostroenie, 2001. 240 s.

9. Leonov O. A. Vzaimozamenjaemost' unificirovannyh soedinenij pri remonte sel'skohozjajstvennoj tehniki. Monografija. M.: FGOU VPO MGAU, 2003: 167 s.

10. Pat. 86682 Rossijskaja Federacija, F16B 3/00. Shponochnoe soedinenie / A.T. Lebedev, R.V. Pavljuk, R.A. Magomedov [i dr.]. - №2008152632/22; zajavl. 29.12.2008; opubl. 10.09.2009 Bjul. №25. - 2 s.

11. Pat. 2428295 Rossijskaja Federacija, B23P11/02. Sposob soedinenija s natjagom detalej val-vtulka A.T. Lebedev, R.V. Pavljuk, R.A. Magomedov [i dr.]. - №2010100664/02; zajavl. 11.01.2010; opubl. 10.09.2011 Bjul. №25. - 7 s.

12. Pat. 2402701 Rossijskaja Federacija, F16D 1/09. S#emnaja stupica dlja montazha vrashhajushhegosja jelementa na privodnom valu / A.T. Lebedev, R.V. Pavljuk, R.A. Magomedov [i dr.]. - № 2009119273/11; zajavl. 21.05.2009; opubl. 27.10.2010 Bjul. №30. - 9 s.

УДК 631.354

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОГО ИЗНОСА БИЧА МОЛОТИЛЬНОГО БАРАБАНА

Капустин Василий Петрович
доктор технических наук, профессор, E-mail: prof@yandex.ru
Кузин Антон Владимирович
магистрант, E-mail: kuzin_anton@lenta.ru
ФГБОУ ВО Тамбовский государственный технический университет

Реферат. *Известно, что контроль технического состояния рабочих органов зерноуборочного комбайна – залог стабильной и качественной работы на протяжении всего периода эксплуатации машины, а правильный выбор оптимальных параметров настройки зерноуборочного комбайна и техническое состояние способствует соблюдению агротехнических нормативов при уборке зерновых и зернобобовых культур. Изучали износ бичей молотильного барабана зерноуборочных комбайнов. Разработана новая методика для определения износа бичей за время работы комбайна от 0 до 750 часов, в которой использован коэффициент сезонного износа. Получены результаты измерения износа рифов за 750 часов наработки. Показано, что износ бича в центральной части молотильного барабана примерно в два раза больше, чем по краям, из-за несовершенства конструкции жатки. Установлено, что объективный износ рабочих органов молотильного барабана с увеличением срока эксплуатации комбайна более 750 часов, является одной из причин повышения потерь недомолота или травмирования зерна. Показано, что при износе от 0 до 5 мм недообмолот и потери свободного зерна на уборке пшеницы влажностью 21% возрастают от 1,75 до 3,15%, дробление уменьшается с 12,2 до 0,80%, а повреждения – с 14,5 до 5%. Установлено, с ухудшением состояния рифов бичей увеличиваются потери невымолоченным зерном. Разработанная методика позволяет прогнозировать потери зерна при совершенствовании устройств жатки и молотильного барабана.*

Ключевые слова: *зерноуборочный комбайн, производительность, надежность, методика.*

METHODOLOGY FOR THE DETERMINATION OF THE MAXIMUM WEAR OF THE BEACONS OF THE MOLLOYAL DRUM

Kapustin Vasilii,
Full Doctor of Technical Sciences, professor, E-mail: prof@yandex.ru
Kuzin Anton,
postgraduate student, E-mail: kuzin_anton@lenta.ru
FSBEI of Higher Education «Tambov State Technical University», Tambov

Abstract. *It is known that monitoring the technical condition of the working organs of a combine harvester is a guarantee of stable and high-quality work throughout the entire period of the machine's operation, and the correct choice of optimum parameters for the combine harvester and its technical condition contribute to the observance of agrotechnical standards when har-*

vesting grain and leguminous crops. The wear of the threshing drum pens of combine harvesters was studied. A new technique for determining the wear of whips during the operating time of the combine from 0 to 750 hours, in which the coefficient of seasonal wear was used, was developed. The results of measuring the depreciation of reefs for 750 hours of operating time were obtained. It is shown that the wear of the scourge in the central part of the threshing drum is approximately twice as large as at the edges, due to the imperfection of the header design. It is established that objective deterioration of the working parts of the threshing drum with increasing the operating life of the combine for more than 750 hours is one of the reasons for the increase in losses of incomplete milled grain or traumatizing of the grain. It is shown that when the wear is from 0 to 5 mm, the incomplete milled grain and loss of free grain on wheat harvesting by humidity of 21% increase from 1.75 to 3.15%, crushing decreases from 12.2 to 0.80%, and damage decreases from 14, 5 to 5%. It is established that losses due to grain, which have not been milled, increase with deterioration of the status of reefs of pests. The developed technique allows to predict the loss of grain in the improvement of header and threshing drum devices.

***Key words**: combine harvester, productivity, reliability, technique.*

Введение. Уборка зерновых культур является важнейшим процессом, который в решающей степени влияет на полноту сбора и себестоимость урожая зерна в сельскохозяйственном предприятии. Значительный резерв увеличения производства зерна – снижение потерь урожая при уборке до минимума. Добиться этого можно, только если использовать исправные и отрегулированные на заданные технологические нормы машины [1].

Так, предлагается рассчитывать производительность зерноуборочного комбайна за смену по уравнению [2]:

$$w_{см} = \frac{1{,}44 Q_{opt}}{1 + 1{,}44 Q_{opt} У_р^{-1} \left[\frac{У_р t_{вг}}{G_б} + \frac{10^4 t_{пов}}{L_г B_ж} + \frac{У_р}{10{,}1 Q_{opt}} \cdot (t_{то} + t_о + t_{ти}) \right]},$$

где $t_{вг}$ – затраты времени на одну выгрузку зерна из бункера, ч; $G_б$ – вместимость бункера, т; $L_г$ – длина гона, м; $B_ж$ – ширина захвата жатки, м; $t_{пов}$ – затраты времени на один поворот, ч; $t_{то}$ – затраты времени на ежесменное техническое обслуживание, ч; $t_{ти}$ – затраты времени смены на устранение технологического отказа, ч; $t_о$ – затраты времени на отдых обслуживающего персонала, ч; $У_р$ – урожайность зерна, ц/га

Установлено, что рост потерь зерна за комбайном с увеличением наработки объясняется возникновением дефектов узлов и агрегатов комбайна. К ним относятся: нарушение герметизации, неравномерность подачи, затруднение решет, износ бичей, изгиб подбарабанья, деформация клавиш соломотряса и другие причины. Поэтому для комбайна с наработкой более 800 часов потери за молотилкой определяются по уравнению [3]:

$$П_м = 0{,}1537 \cdot \exp\left(2{,}31 \frac{G_ф}{G_п}\right) \cdot (0{,}0022Н - 0{,}65) \quad ,$$

где $G_ф$ – фактическая подача зерносоломистой массы, кг/с; $G_п$ – паспортная пропускная способность, кг/с; Н – наработка с начала эксплуатации, ч (Н > 800 ч).

Недостатками этих выражений является то, что они не учитывают влажность зерна и соломистой массы, которые будут изменяться в течение всей смены, что заставляет изменять технологические регулировки. Не учитывается скорость движения комбайна, что абсолютно неправильно с точки зрения затрат времени на выполнение операции. Стоит от-

метить, что также не учитываются потери зерна дроблением, повреждением и недообмолотом, зависящих от технического состояния молотильного барабана, нет упоминания о влиянии частоты вращения барабана. Также и зазоры между декой и бичами барабана могут не соответствовать рекомендуемым значениям из-за того, что центральная часть изнашивается быстрее, чем края и это сложно проконтролировать при диагностике в виду конструкторской особенности комбайна.

Материалы и методы. Разработка методики базировалась на определении максимального износа рифов бича молотильного барабана с выведением коэффициента, позволяющего спрогнозировать износ бичей барабана. Данные, полученные в ходе исследования, позволяют изучить динамику протекания износа и служат основой для получения коэффициентов. В качестве объекта исследования были выбраны бичи комбайна «Акрос 530». Комбайн эксплуатировался в течении 5 лет, бичи устанавливались с завода. При обработке результатов использовались общие законы теории вероятности и статистики.

Результаты и обсуждение. Для решения данной проблемы предлагается ввести метод прогнозирования износа, на примере бичей молотильного аппарата, заключающийся в том, чтобы на основе данных о количестве сезонов работы заводских или ремонтных бичей прогнозировать необходимость в замене или корректировке молотильных зазоров при помощи коэффициента сезонного износа, мм/год [4]:

$$k_{\text{с.и.}} = \frac{H - H_{\text{и}}}{n}, \quad (1)$$

где H – высота рифа нового бича, мм; $H_{\text{и}}$ – высота изношенной части, мм; n – количество сезонов.

Для определения необходимых расчетных значений необходимо бич молотильного барабана разделить на равные части. Длина отрезка составляет 300 мм. Допускается разделение на более мелкие участки с целью получения более точной выборки. На этих участках откладывается отрезок, равный 20 мм, что сотоветствует площади непосредственного контакта бича и колоса растения. Замер высоты рифа проводится в трех точках, соответственно 0, 10, 20 мм, шаг 50 мм. Результаты измерений и расчетов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты измерений

№ участка	Точка замера	Результаты измерений, см	Средний показатель
1	1	5; 5; 4,8; 4,7;4,5; 4,3	4,71
	2	5; 5; 4,7; 4,4; 4,5; 4,1	4,61
	3	4,5; 4,4; 4,6; 4,2; 4,0	4,38
Средний износ участка		4,57	
2	1	3,9; 3,7; 3,5; 3,2; 3,6; 3,5	3,57
	2	3,8; 3,5; 3,1; 3,3; 3,2; 3,4	3,38
	3	3,5; 3,2; 3,3; 3,0; 3,1; 3,4	3,25
Средний износ участка		3,4	
3	1	2,3; 2,1; 2,2; 2,4; 2,5; 2,4	2,23
	2	2,6; 2,7; 2,5; 2,4; 2,3; 2,1	2,43
	3	2,2; 2,1; 2,4; 2,3; 2,0; 2,3	2,22

Средний износ участка		2,29	
4	1	3,1; 3,4; 3,6; 3,9; 3,8; 3,6	3,58
	2	3,3; 3,1; 3,4; 3,7; 3,9; 3,7	3,52
	3	3,2; 3,1; 3,3; 3,6; 3,8; 3,6	3,43
Средний износ участка		3,51	
5	1	5; 5; 4,8; 4,7;4,5; 4,3	4,71
	2	5; 5; 4,7; 4,4; 4,5; 4,1	4,61
	3	4,5; 4,4; 4,6; 4,2; 4,0	4,38
Средний износ участка		4,57	

Из данных, приведенных в таблице 1 следует, что износ центральной части более интенсивный, чем по краям (примерно в два раза). Износ центральной части бичей происходит вследствие того, что из-за несовершенства конструкции жатки, наклонной камеры, проставки или приемного битера хлебная масса поступает в молотильный аппарат неравномерным слоем. Кроме того, твердые частицы почвы также попадают в центр молотильного барабана. Вызывает сомнение данные о том, что хлебная масса перемещается по подбарабанью «змейкой». Но при окружной скорости барабана более 25 м/с вряд ли возможно протащить соломистую массу в барабане «змейкой» за счет рифленой поверхности бичей. Это обусловлено тем, что хлебная масса не может распределиться равномерно по всей длине молотилки из-за высокой окружной скорости барабана, высоких оборотов отбойного битера. Соответственно, изношенные рифы не могут выполнять свои функции в полном объеме, так как глубина погружения в поданную массу меньше, но при этом молотильный зазор с края соблюдается.

Используя формулу (1) найдем коэффициенты. Результаты, представленные в таблице 2, показывают, что показатели второго, третьего и четвертого участка, а также полученные коэффициенты, находятся в одном интервале. Поэтому можно обобщить результаты и определить $k_{\text{с.и.}}$ центральной части бича молотильного барабана.

Таблица 2 – Значение полученных коэффициентов

№ участка	Средний износ участка ($H_{\text{и}}$), см	$k_{\text{с.и.}}$
1	4,57	0,686
2	3,4	0,92
3	2,29	1,14
4	3,51	0,898
5	4,57	0,686

$$\bar{H}_{\text{ц}} = \frac{3{,}4 + 2{,}29 + 3{,}51}{3} = 3{,}1 \text{ см}$$

$$k_{\text{с.и.ц.}} = \frac{8 - 3{,}1}{5} = 0{,}98$$

Проверим правильность полученных результатов. Для этого из формулы (1) выразим параметр $H_{\text{и}}$:

$$H_{\text{и}} = 8 - 0{,}98 \cdot 5 = 3{,}1 \text{ см}$$

Результат, полученный расчетным путем, полностью совпадает с измеряемой величиной.

Заключение. В существующие методики испытания зерноуборочных комбайнов необходимо вносить корректировки и дополнительные условия, которые помогут в полной мере оценить возможности проектируемого зерноуборочного комбайна. Это в свою очередь позволит на стадии разработки совершенствовать рабочие органы и повышать их ресурс. Разработанная методика позволяет прогнозировать потери зерна при совершенствовании устройств жатки и молотильного барабана.

Список литературы

1. Пугачев А.Н. Советы комбайнеру. – М.: Колос, 1984. – 224 с.

2. Коваль С.Н. Совершенствование методов оценки агротехнической эффективности и конструктивных параметров зерноуборочных комбайнов при испытаниях: Автореф. дис. … канд. техн. наук. – Глеваха, 1991

3. Ерохин Г.Н. Моделирование потерь за молотилкой комбайна / Г.Н. Ерохин / // Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции – Новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства: сб. научн. докладов XVI Международной научно-практической конференции г. Тамбов, 2011 г. – с 83-85

4. Кузин А.В. Влияние технического состояния рифов бичей молотильного барабана на потери // Инновационные процессы в научной среде: Материалы международной (заочной) научно - практической конф. г. Прага, НИЦ «Мир науки», 2017. – с. 140 -145

References

1. Pugachev A.N. Sovety kombajneru. – M.: Kolos, 1984. – 224 s.

2. Koval' S.N. Sovershenstvovanie metodov ocenki agrotehnicheskoj jeffektivnosti i konstruktivnyh parametrov zernouborochnyh kombajnov pri ispytanijah: Avtoref. dis. … kand. tehn. nauk. – Glevaha, 1991

3. Erohin G.N. Modelirovanie poter' za molotilkoj kombajna / G.N. Erohin / // Povyshenie jeffektivnosti ispol'zovanija resursov pri proizvodstve sel'skohozjajstvennoj produkcii – Novye tehnologii i tehnika novogo pokolenija dlja rastenievodstva i zhivotnovodstva: sb. nauchn. dokladov XVI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii g. Tambov, 2011 g. – s 83-85

4. Kuzin A.V. Vlijanie tehnicheskogo sostojanija rifov bichej molotil'nogo barabana na poteri // Innovacionnye processy v nauchnoj srede: Materialy mezhdunarodnoj (zaochnoj) nauchno - prakticheskoj konf. g. Praga, NIC «Mir nauki», 2017. – s. 140 -145

УДК 631.3.004.58

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Федоров Александр Георгиевич,
аспирант, E-mail: simorr@mail.ru
Криков Аркадий Максимович,
доктор технических наук, профессор, E-mail: krikov2010@mail.ru

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, Новосибирская область,
пос. Краснообск

Реферат. *Известно, что отсутствуют информационные системы, позволяющие оценить эффективность операций технического обслуживания (ТО) и технического диагностирования (ТД) грузовых автомобилей, используемых в сельском хозяйстве. Разработана информационная система СИПТОГА в виде комплекса электронной документации и вычислительного обеспечения ТО и ТД грузовых автомобилей. Оценивали эффективность ТО грузовых автомобилей семейства КАМАЗ. При исследованиях использованы данные производственной проверки СИПТОГА в хозяйстве "Раздольное" Коченевского района Новосибирской области применительно к автомобилям семейства КамАЗ моделей 45143, 55102, 55111 и 65115. Установили, что при использовании системы уменьшается вспомогательное время выполнения операций ТО и ТД, сокращается продолжительность пребывания автомобиля на ТО, повышается его годовая выработка, уменьшается расход времени и повышается точность прогнозных расчетов параметров состояния узлов и агрегатов автомобиля. Учитывали, что своевременное и качественное проведение ТО и ТД позволяет снизить вероятность внезапных отказов, повысить наработку автомобилей, что способствует сокращению затрат на ТО и ТД от 10 до 15 %. Определили, что общее сокращение затрат времени при полном и качественном проведении операций ТО и ТД составит 26 часов на один автомобиль в год. Установили, что трудовые затраты при проведении ТО без применения СИПТОГА на все виды ТО на один автомобиль в год для рассматриваемых моделей КамАЗ составляют 105 чел.ч, а с применением СИПТОГА составят 79 чел.ч. Определили, что ожидаемый годовой экономический эффект от применения системы, при приобретении и установке одного ПЭВМ, в пересчете для одной единицы автомобиля типовой модели КамАЗ составляет 13163 рубля. Установлено, что разработанные методические положения применимы и к другим моделям автомобилей.*

Ключевые слова: *грузовые автомобили, техническое диагностирование, техническое обслуживание, эффективность, методические приемы оценки, система информационного обеспечения, сокращение времени, затраты.*

THE EFFECTIVENESS OF THE SYSTEM OF INFORMATION SUPPORT FOR MAINTENANCE OF TRUCKS

Fedorov Alexander,
Postgraduate E-mail: simorr@mail.ru
Krikov Arkady,
Full Doctor of Technical Sciences, professor, E-mail: krikov2010@mail.ru

Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies RAN, Novosibirsk Region, the village Krasnoobs

Abstract. *It is known that information systems that make it possible to evaluate the effectiveness of maintenance operations (TO) and technical diagnosis (TD) of trucks used in*

agriculture are not available. The information system of SIPTOGA in the form of a complex of electronic documentation and computer maintenance of TO and TD trucks was developed. The efficiency of maintenance of trucks of the KamAZ family was estimated. The data of the production check with the help of SIPTOGA in the "Razdolnoye" farm of the Kochenevsky district of the Novosibirsk region with reference to the KamAZ vehicles of the models 45143, 55102, 55111 and 65115 were used for research. It was established that when the system is used, the auxiliary time for performing the operations of the TO and TD decreases, the duration of the vehicle's stay at the maintenance site is reduced, its annual output is increased, the time consumption is reduced and the accuracy of the predictive calculations of the parameters of the vehicle components and units is increased. They took into account that the timely and high-quality TO and TD allows to reduce the probability of sudden failures, increase the production of cars, which reduces the cost of maintenance and TD from 10 to 15%. It was determined that the total reduction of the time spent with full and qualitative maintenance of the TO and TD operations would be 26 hours per truck per year. It was established that the labor costs for the maintenance without the use of SIPTOGA for all types of maintenance for one truck per year for the KamAZ apparel in question are 105 people per hour, and with the use of SIPTOGA 79 people will be. It was determined that the expected annual economic effect from the use of the system, when purchasing and installing one PC, in recalculation for one unit of a car of the model KAMAZ model is 13163 rubles. The developed methods are applicable to other models.

Keywords: *trucks, technical diagnostics, maintenance, efficiency, methodological evaluation methods, information support system, time reduction, costs.*

Выполнение операций технического обслуживания (ТО) и технического диагностирования (ТД) грузовых автомобилей связано с использованием расположенных во многих публикациях и постоянно развиваемых многоаспектных информационных компонентов, на поиск и оперирование которыми специалисты тратят немало времени и труда. Одним из путей сокращения таких затрат и создания условий качественного выполнения операций ТО и ТД является интеграция всех необходимых компонентов и средств оперирования ими в специальные системы. Однако применительно к грузовым автомобилям такие системы еще отсутствуют. Для устранения этого пробела и реализации такого пути нами была разработана информационная система, представленная в виде комплекса электронной документации и вычислительного обеспечения ТО и ТД грузовых автомобилей (далее СИПТОГА) [1, 2, 3]. Комплекс необходимого контента был сформирован применительно к четырем моделям грузовых автомобилей семейства КАМАЗ.

Одним из этапов в разработке СИПТОГА является оценка ее ожидаемой эффективности. Поэтому была поставлена **цель** – осуществить оценку ожидаемой эффективности ТО грузовых автомобилей семейства КАМАЗ с применением СИПТОГА на основе результатов ее производственной проверки.

Методические приемы исследования. Применение СИПТОГА позволит обслуживающему персоналу сократить затраты времени на поиск и подбор информационных компонентов, отражающих перечень и содержание операций обслуживания, порядок их выполнения, оперирование оборудованием, приборами, инструментами, данные о регулиро-

вочных параметрах и др. При использовании СИПТОГА уменьшается вспомогательное время выполнения операций ТО и ТД, а обслуживающий персонал, компетентно владея всеми сведениями по обслуживанию, может его провести более качественно. При этом сократится также продолжительность пребывания автомобиля на обслуживании, что, в свою очередь, приведет к повышению его годовой выработки, а также к росту объема работ, выполняемых на пункте технического обслуживания автомобилей (ПТОА). За счет применения СИПТОГА сократится также расход времени на расчеты по прогнозированию параметров состояния узлов и агрегатов автомобиля с одновременным повышением точности самих расчетов и корректировкой состава предстоящих диагностических операций в разрезе видов ТО [4, 5, 6].

Сокращение затрат времени (ΔT) на проведение операций ТО и ТД (на одну единицу автомобиля I-модели) за счет применения СИПТОГА подсчитывается по соотношению:

$$\Delta T_I = \Delta T_{OI} + \Delta T_{ДI} + \Delta T_{ПI}, \text{ ч}; \quad (1)$$

где ΔT_{OI} – сокращение продолжительности выполнения операций ТО автомобиля I-модели; $\Delta T_{ДI}$ – то же операций ТД, $\Delta T_{ПI}$ – то же по прогнозированию.

Значение ΔT_{OI}, входящее в (1), подсчитывается формулой:

$$\Delta T_{OI} = t_{скр.OI} (N_{TO\text{-}1I} K_{O\text{-}1I} + N_{TO\text{-}2I} K_{O\text{-}2I} + N_{COI} K_{COI}) P_{O\ ИС}; \quad (2)$$

где $t_{скр.OI}$ – сокращение времени выполнения одной средне-сложной операции обслуживания автомобиля I-модели; $N_{TO\text{-}1I}$, $N_{TO\text{-}2I}$, N_{COI} – число обслуживаний видов ТО-1 (техническое обслуживание №1), ТО-2 (техническое обслуживание №2) и СО (сезонное обслуживание) соответственно за год; $K_{O\text{-}1I}$, $K_{O\text{-}2I}$, K_{COI} – число операций, выполняемых в ТО-1, ТО-2 и СО соответственно; $P_{O\ ИС}$.– вероятность обращения к СИПТОГА для получения информации по ТО.

Подсчет $\Delta T_{ДI}$ производится по формуле

$$\Delta T_{ДI} = t_{скр.ДI} N_{TO\text{-}2I} K_{ДI} P_{Д\ ИС}; \quad (3)$$

где $t_{скр.ДI}$ – сокращение времени выполнения одной средне-сложной операции диагностирования автомобиля I-модели; $K_{ДI}$ – число диагностических операций (обычно выполняемых при ТО-2); $P_{Д\ ИС}$.– вероятность обращения к СИПТОГА для получения информации по ТД.

Величина $\Delta T_{ПI}$ определяется в предположении, что прогнозные расчеты выполняются при ТО-2 и подсчитывается по формуле:

$$\Delta T_{ПI} = t_{скр.ПI} N_{TO\text{-}2I} K_{ПI}, \quad (4)$$

где $t_{скр.ПI}$ – сокращение времени выполнения одной средне-сложной операции прогнозирования; $K_{ПI}$ – количество прогнозируемых параметров автомобиля рассматриваемой модели.

Эффект применения СИПТОГА для единицы автомобиля определенной марки за год оценивается в виде:

$$Э_I = Э1_I + Э2_I + Э3_I + Э4_I + Э5_I - ЗИС_I; \quad (5)$$

где $Э1_I$ – эффект от сокращения трудоемкости ТО и ТД автомобиля I-й модели; $Э2_I$ – то же от расчетов по прогнозированию; $Э3_I$ – то же от сокращения продолжительности обслуживания; $Э4_I$ – то же от повышения качества обслуживания; $Э5_I$ – то же от сокращения времени пребывания автомобиля на ПТОА; $ЗИС_I$ – удельные затраты на эксплуатацию СИПТОГА.

Обратимся теперь к методам подсчета величин для выражения (5).

Эффект $Э1_I$ от сокращения трудоемкости ТО и ТД подсчитывается по формуле:

$$Э1_I = \Delta T_{OI}\, S_O + \Delta T_{ДI}\, S_Д; \quad (6)$$

где S_O – часовая ставка оператора с учетом начислений, занятого выполнением операций ТО; $S_Д$ – то же, занятого выполнением операций ТД.

Часть эффекта от расчетов по прогнозированию, связанная с сокращением затрат времени на вычисления, была учтена формулой (1), а эффект от повышения точности вычислений прогнозных величин определяется косвенно. При этом допущено, что процедура прогнозирования при обслуживании автопарка хозяйства уже применяется и в результате использования компьютера для расчетов улучшаются лишь показатели, касающиеся качества обслуживания. Исходя из этого, величина эффекта $Э2_I$ оценивается соотношением:

$$Э2_I = K_2\, Э4_I; \quad (7)$$

где K_2 – коэффициент учета влияния точности прогнозирования ожидаемых параметров технического состояния на качество обслуживания автомобилей, оцениваемый экспертно.

Сокращение времени пребывания автомобиля I-й модели $\Delta T_{ПТОАI}$ на ПТОА определится как:

$$\Delta T_{ПТОАI} = \Delta T_I / K_{ОПТО}; \quad (8)$$

где $K_{ОПТО}$ – количество мастеров-наладчиков, одновременно участвующих в обслуживании автомобиля на ПТОА.

Величина $\Delta T_{ПТОАI}$ определяет сокращение затрат ПТОА на обслуживание его оборудования, на электрическую и тепловую энергию, на амортизацию и др. Нам не удалось найти нормативные документы по оценке указанных величин. Поэтому целесообразнее обратиться к достоверным бухгалтерским данным по хозяйству, в которой применяется СИПТОГА.

Установлено [7, 8], что своевременное и качественное проведение ТО и ТД позволяет снизить вероятность внезапных отказов, повысить наработку автомобилей, что способствует сокращению затрат на ТО и ТД от 10 до 15 %. На основе этого величина $Э4_I$ оценивается по соотношению:

$$Э4_I = K_K\, C_{ТО\ ТДI}; \quad (9)$$

где $C_{ТО\ ТДI}$ – затраты на ТО и ТД автомобиля I-й модели в хозяйстве, р/год; K_K – коэффициент учета улучшения качества ТО и ТД.

С сокращением времени пребывания автомобиля на его обслуживании повысится его годовая выработка ΔW_{AI}, оцениваемая соотношением:

$$\Delta W_{AI} = \Delta T_I / T_{AI} \times W_{AI}; \quad (10)$$

где T_{AI} – годовой фонд времени работы автомобиля I-модели, ч; W_{AI} – годовая выработка автомобиля рассматриваемой модели, тыс. км.

Величина $Э5_I$ подсчитывается по формуле:

$$Э5_I = \Delta W_{AI} \times K_{ПI}; \quad (11)$$

где $K_П$ – норматив прибыли на выработку автомобиля I–й модели, р/тыс. км.

Удельные затраты на эксплуатацию СИПТОГА подсчитываются по формуле:

$$ЗИС_I = K_{ЗСИПТОГАI}\, C_{ПК} / C_{ЭПК} + C_{ПИО} / C_{МПИО} + T_{ПI}\, S_П; \quad (12)$$

где $К_{ЗСИПТОГАI}$ – коэффициент загрузки персонального компьютера эксплуатацией СИПТОГА при ТО и ТД одного автомобиля I–й модели, р/год; $С_{ПК}$ – стоимость персонального компьютера, р; $С_{ПК}$ – стоимость персонального компьютера (год); $С_{ЭПК}$ – срок службы персонального компьютера (год); $С_{ПИО}$ – стоимость программного и информационного обеспечения СИПТОГА, р; $С_{МПИО}$ – срок модернизации программного и информационного обеспечения СИПТОГА (год); $Т_{ПI}$ – затраты времени на расчеты по прогнозированию для автомобиля I–й модели, ч/год; $S_П$ – часовая ставка оператора с учетом начислений, занятого расчетами по прогнозированию.

Эффект на уровне хозяйства (с.-х. предприятия):

$$ЭХ = Э_1 \times N_1 + Э_2 \times N_2 + \ldots + Э_K \times N_K; \quad (13)$$

где $Э_1$, $Э_2$, …, $Э_K$ – эффекты от моделей М1, М2, …, МК автомобиля, соответственно; N_1, N_2, …, N_K – количество автомобилей в хозяйстве моделей М1, М2, …, МК соответственно.

Эффект на уровне района подсчитывается с учетом количества автомобилей в районе в разрезе их моделей.

Обобщение изложенного показывает, что исходными данными, используемыми при оценке ожидаемой эффективности ТО грузовых автомобилей с использованием СИПТОГА, являются: число обслуживаний видов ТО-1, ТО-2 и СО за год соответственно $N_{ТО\text{-}1I}$, $N_{ТО\text{-}2I}$, $N_{СОI}$ автомобилей по их моделям; число операций, выполняемых в ТО-1, ТО-2, ТД-2 и СО соответственно – $К_{О\text{-}1I}$, $К_{О\text{-}2I}$, $К_{ДI}$, $К_{СОI}$ в разрезе моделей авто; количество мастеров-наладчиков, одновременно участвующих в обслуживании автомобиля на ПТОА – $К_{ОПТО}$; количество прогнозируемых параметров автомобиля рассматриваемой модели – $К_{ПI}$; количество автомобилей в хозяйстве N_1, N_2, …, N_K моделей М1, М2, …, МК соответственно; вероятности обращения к СИПТОГА для получения информации по ТД и ТО – величины $Р_{Д\ ИС}$ и $Р_{О\ ИС}$; часовые ставки операторов с учетом начислений, занятых выполнением операций ТО, ТД и расчетами прогнозирования – величины $S_О$, $S_Д$ и $S_П$; годовой фонд времени работы автомобиля по моделям – $Т_{АI}$; годовая выработка автомобилей по моделям – $W_{АI}$; норматив прибыли на выработку автомобиля по моделям; сокращение времени выполнения одной средне-сложной операции при проведении ТД, ТО и расчетов прогнозирования при обслуживании автомобиля по их моделям в виде величин $t_{скр.ДI}$, $t_{скр.ОI}$ и $t_{скр.ПI}$ соответственно; коэффициент учета влияния точности прогнозирования ожидаемых параметров технического состояния на качество обслуживания автомобилей – $К_2$; коэффициенты загрузки персонального компьютера эксплуатацией СИПТОГА при ТО и ТД автомобиля I–й модели – $К_{ЗСИПТОГАI}$; коэффициент учета улучшения качества ТО и ТД – $К_К$; срок эксплуатации модернизации программного и информационного обеспечения СИПТОГА до ее модернизации – $С_{МПИО}$; стоимость программного и информационного обеспечения СИПТОГА – $С_{ПИО}$; срок службы персонального компьютера – $С_{ЭПК}$; затраты на ТО и ТД автомобилей по их моделям в хозяйстве, р/год – $С_{ТОI\ ТДI}$; стоимость персонального компьютера $С_{ПК}$;

Результаты исследований их обсуждение, выводы. СИПТОГА обеспечивает информационную поддержку проведения операций обслуживания грузовых автомобилей, включая ЕТО, Сервис-А, Сервис-В, ТО-1, диагностирования Д-1 и Д-2, ТО-2, СО с учетом

требований, предъявляемых к ней [3].

Ниже представлены результаты оценки показателей эффективности на основе данных производственной проверки СИПТОГА в хозяйстве "Раздольное" Коченевского района Новосибирской области применительно к автомобилям семейства КамАЗ моделей 45143, 55102, 55111 и 65115.

Установлено, что время проведения операций обслуживания (ΔT_{OI}) будет сэкономлено на 8,6 часа на один автомобиль в год, операций диагностирования ($\Delta T_{ДI}$) – на 10,6 часа и на расчеты по прогнозированию параметров технического состояния узлов и агрегатов автомобиля ($\Delta T_{ПI}$) – 6,8 часа. В результате определено общее сокращение затрат времени (ΔT_I), при полном и качественном проведении операций ТО и ТД, 26 часов на один автомобиль в год.

Трудовые затраты при проведении ТО без применения СИПТОГА на все виды ТО на один автомобиль в год для рассматриваемых моделей КамАЗ составляют 105 чел.ч, а с применением СИПТОГА составят 79 чел.ч.

Эффект от сокращения трудоемкости ТО и ТД ($Э1_I$) составляет 4127,2 рублей от одного автомобиля

Эффект от повышения качества обслуживания ($Э4_I$) составил 10144 рубля от одного автомобиля, а эффект от повышения точности вычислений прогнозных величин ($Э2_I$) – 2536 рублей.

Эффект от сокращения времени пребывания автомобиля на ПТО ($Э5_I$) оказался равным 48 рублям от одного автомобиля.

Удельные затраты на эксплуатацию СИПТОГА (ЗИС) составили 3692,2 рубля на один автомобиль в год.

Ожидаемый годовой экономический эффект от применения СИПТОГА ($Э_I$), при приобретении и установке одного ПЭВМ, в пересчете для одной единицы автомобиля типовой модели КамАЗ составляет 13163 рубля.

В результате ожидаемый годовой экономический эффект от применения СИПТОГА ($Э_X$) на 9 автомобилей рассматриваемого хозяйства составит 118467 рублей в год, а в масштабах Коченевского района на 58 ед. моделей семейства КамАЗ – 763454 рублей.

Методические приемы оценки эффективности технического обслуживания грузовых автомобилей с применением системы информационного обеспечения применимы для оценки эффективности СИПТОГА на основе данных ее производственной проверки.

Данные производственной проверки и расчеты показали, что при выполнении операций обслуживания грузовых автомобилей семейства КамАЗ с применением СИПТОГА сократится время выполнения одной среднесложной операции: ТО – на 4,0 мин; ТД и прогнозирования – на 7,0 мин. Сокращение затрат времени на обслуживание одного автомобиля в год составит 26 часов.

Ожидаемый годовой экономический эффект от применения СИПТОГА для одного автомобиля семейства КамАЗ составляет около 13тыс. руб., а ожидаемый годовой экономический эффект в хозяйстве, где проведена производственная проверка, составит около 118 тыс. руб. в год, а в масштабе района – около 763 тыс. руб.

Заметим, что более точная оценка отдельных показателей эффективности техническо-

го обслуживания грузовых автомобилей с применением системы информационного обеспечения на базе СИПТОГА требует дополнительных исследований.

Изложенные методические положения оценки эффективности технического обслуживания грузовых автомобилей КамАЗ с применением системы информационного обеспечения применимы и к другим моделям автомобилей.

Список литературы

1. Криков А.М., Федоров А.Г. Разработка системы информационного обеспечения технического обслуживания грузовых автомобилей АПК/Труды ГОСНИТИ. – М.: ГОСНИТИ, 2012. – Т. 112, ч. 2: Техническое обслуживание. Ремонт. – С. 48-50.

2. Федоров А.Г., Криков А.М., Делягин В.Н., и др. Прогнозирование остаточного ресурса узлов и агрегатов грузовых автомобилей в среде электронной таблицы//Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2016. – №3 (250). – С. 89-95.

3. Криков А.М., Федоров А.Г. Информационные технологии в системе технического обслуживания автомобилей АПК/Материалы III Всероссийской науч.-практ. конф. «VII инновационно-промышленный салон. Ремонт. Восстановление. Реновация». - Уфа: ФГБОУ ВПО «БГАУ», 2012. – С. 117-119.

4. Федоров А.Г., Криков А.М. Оценка эффективности технического обслуживания грузовых автомобилей с применением системы информационной поддержки /Материалы I Всероссийской заочной научно-практической конференции «Наземные транспортно-технологические средства: проектирование, производство, эксплуатация». – Чита: «ЗабГУ», 2016. – С. 136-143.

5. Шпилько А.В., Драгайцев В.И. Экономическая эффективность механизации сельскохозяйственного производства. – М.: РАСХН, 2001. – 346 с.

6. Методика определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов НИР и ОКР, новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. М.: Изд-во Колос, 1980. – 111 с.

7. Бельских В.И. Диагностирование и обслуживание сельскохозяйст-венной техники. – М.: Колос, 1980. – 575 с.

8. Методические указания к выполнению разделов дипломного проектирования по анализу и расчету экономической эффективности ремонта и обслуживания с.-х. техники на предприятиях технического сервиса. Специальность «Технология обслуживания и ремонта машин в АПК»/З.Б. Мешкова, Л.А. Солодкина. – Челябинск: Изд-во ФГОУ ВПО ЧГАУ, 2007. – 53 с.

References

1. Krikov A. M., Fedorov A. G. Development of information system of maintenance of freight cars APK/Trudy GOSNITI. – M.: GOSNITI, 2012. Vol 112, part 2: maintenance. Repair. – S. 48-50.

2. Fedorov A. G., Krikov A. M., Delyagin V. N. etc. Prediction of residual life of components and assemblies of trucks in the environment of the spreadsheet//Siberian Bulletin of agricultural science. – 2016. – №3 (250). – S. 89-95.

3. Krikov A. M., Fedorov A. G. Information technology in the system of car maintenance APK/materials of the III all-Russian scientific - pract. Conf. "VII innovative-industrial salon.

Repair. Recovery. Renovation". - Ufa: FGBOU VPO "BSAU", 2012. – Pp. 117-119.

4. Fedorov A. G., Krikov A. M. Evaluation of the effectiveness of the maintenance trucks with the use of the information support system /proceedings of the I all-Russian correspondence scientific-practical conference "Land transport-technological means: design, manufacture, operation". – Chita: "Sabhu", 2016. – S. 136-143.

5. Shpilko A. V., Dragayzev V. I. Economic efficiency of mechanization of agricultural production. – M.: RAAS, 2001. – 346 p.

6. The technique of definition of economic efficiency of use in agriculture of the results of R & d, new technology, inventions and rationalization proposals. M.: Publishing house Kolos, 1980. – 111 S.

7. Belsky V. I. Diagnostics and service agricultural equipment. – M.: Kolos, 1980. – 575 p.

8. Methodical instructions to performance of sections of graduate design, analysis and calculation of economic efficiency of repair and maintenance of agricultural machinery at the enterprises of technical service. Specialty "Technology of maintenance and repair of machines in agriculture"/Z. B. Meshkova, L. A. Solodkin. – Chelyabinsk: Publishing house of FGOU VPO Chau, 2007. – 53 S.

УДК 631.017.3: 621.181

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА СОИ

Шувалов Анатолий Михайлович,
доктор технических наук, профессор, E-mail: vniiti@mail.ru
Машков Алексей Николаевич,
кандидат технических наук, E-mail: vniiti@mail.ru
ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, Тамбов

Реферат. *Известно, что соя является наиболее подходящим заменителем животного белка белком растительного происхождения, но скармливать его животным без предварительной обработки нельзя из-за присутствия антипитательных веществ. Использована система энергообеспечения с двухсторонним нагревом зерна сои инфракрасными излучателями сверху и электронагревательной поверхности снизу. Разработана установка для этих целей. Изучены параметры установки: суммарная мощность инфракрасных облучателей и электронагревательных элементов и их количество; скорость движения сои в рабочей зоне, которая зависит от производительности установки, длины рабочей зоны; амплитуда, частота колебаний и угол наклона транспортирующего устройства. Показано, что главным заданным показателем, от которого напрямую зависит мощность системы энергобеспечения, является производительность установки, которая может быть задана заводом-изготовителем или заказчиком установки (потребителем). Принято, что к заданным показателям относится время нахождения зерна сои в рабочей зоне нагрева, для сорта «Соер» он составляет 50 с, для сорта «Припять» - 70 с. Исследования показали, что ограничивающим показателем при комбинированном нагреве*

сои является верхний предел допустимой температуры. Разработана методика расчета параметров установки для термической обработки зерна сои с двухсторонним ее нагревом для различной производительности. Экспериментально выявлены коэффициенты, позволяющие определить мощность инфракрасных излучателей и электронагревательных элементов по суммарной мощности установки. Установлено, что для обеспечения требуемых технологических параметров, вибрационный транспортер следует настроить на работу с параметрами частота колебаний ω=623 мин$^{-1}$, амплитуда колебаний ε=7 мм. Разработанная методика расчета параметров установки для термической обработки зерна сои с двухсторонним ее нагревом позволит производить расчеты ее параметров и проектирование для различной производительности.

Ключевые слова: *соя, термическая обработка, комбинированный нагрев, инфракрасные излучатели, экономия, электроэнергия.*

CALCULATION OF INSTALLATION PARAMETERS FOR THE ELECTROTHERMAL TREATMENT OF SOYBEAN

Shuvalov Anatoliy,
Full Doctor of Technical Sciences, professor, E-mail: vniiti@mail.ru
Mashkov Alexey,
Ph.D. (Technical), E-mail: vniiti@mail.ru
FSBSI «All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture», Tambov

Abstract. *It is known that soy is the most suitable substitute for animal protein protein from plant origin, but it can not be fed to animals without preliminary treatment because of the presence of anti-nutrients. The power supply system was used with two-sided heating of soybean grain by infrared radiators from above and an electric heating surface from below. The power supply system with two-sided heating of soybean grain by infrared radiators from above and an electric heating surface from below was used. The installation for this purpose has been developed. The installation parameters were studied: the total power of infrared irradiators and electric heating elements and their number; speed of soybean movement in the working area, which depends on the capacity of the installation, the length of the working area; amplitude, frequency of oscillation and angle of inclination of the transporting device. It is shown that the main set index, on which the capacity of the power supply system depends directly, is the capacity of the installation, which can be set by the manufacturer or the customer of the installation (the consumer). It is assumed that the specified parameters include the time of soybean grain in the working zone of heating, for the variety "Sauer" it is equal to 50 s, for the grade it is equal to "Pripyat" 70 s. Studies have shown that the limiting index for combined heating of soy is the upper limit of the permissible temperature. Method for calculating the parameters of the plant for the thermal processing of soybean grain with its two-sided heating for different capacities is developed. The coefficients allowing to determine the power of infrared radiators and electric heating elements by the total power of the installation have been experimentally revealed. It is established that in order to provide the required technological parameters, the vibrating conveyor should be tuned to work with parameters with a frequency ω = 623 min-1, an amplitude ε = 7*

mm. The developed technique for calculating the parameters of the unit for the thermal processing of soybean grain with its two-sided heating will allow the calculation of its parameters and design for various capacities.

Keywords: *soy, heat treatment, the combined heating, infrared radiators, economy, the electric power.*

Введение. В результате теоретических и экспериментальных исследований ФГБНУ ВНИИТиН доказана перспективность применения системы энергообеспечения с двухсторонним нагревом (сверху и снизу) зерна сои с использованием инфракрасных излучателей и электронагревательной поверхности (комбинированного нагрева) [1-3]. Применение комбинированного электронагрева сои по данным исследований позволяет экономить до 29 % электроэнергии [4-6].

Предложена установка для обработки сои (рисунок 1) состоит из электронагревательной панели (1), которая также является рабочей поверхностью вибрационного транспортера, закрепленной на рейках (2), выполненных из фанеры. Основным узлом, задающим колебания рабочей поверхности является вибропобудитель (3) с эксцентриком (4). Вибропобудитель соединен с шарнирными звеньями (5), которые соединены со штоками (6) с регулируемыми тарелками (7), опирающимися на пружины (8). Нагрев зерна сверху обеспечивают инфракрасные лампы, собранные в кассетах (9). Для подачи зерна сои используется засыпной бункер (10). Обработанное зерно сои ссыпается в температор (11), где выдерживается в термостатичных условиях, после чего высыпается и расфасовывается.

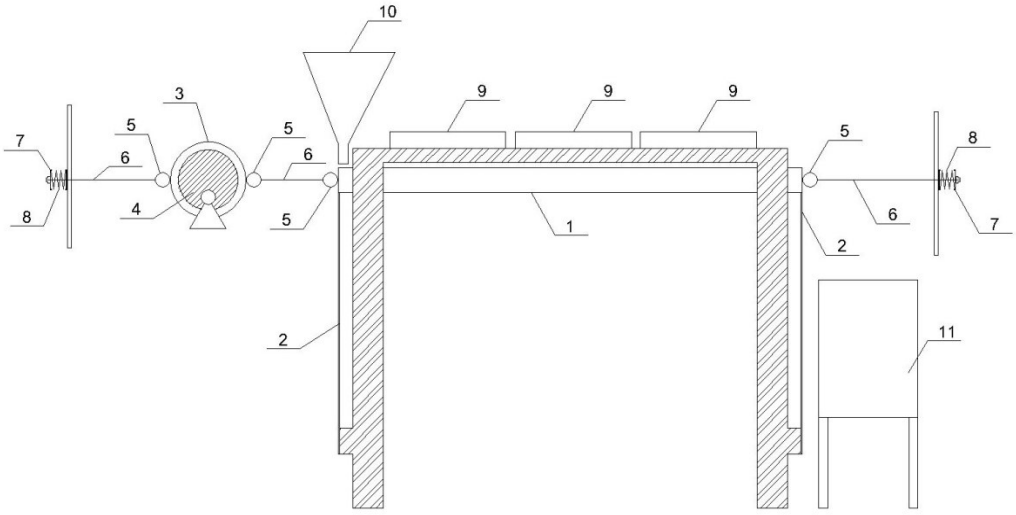


Рисунок 1 – Конструктивная схема установки для обработки сои.

Вибрационный транспортер должен не только осуществлять передачу теплоты к сое, но и обеспечивать движение ее с заданной скоростью. Следовательно, чтобы создать систему энергообеспечения необходимо определить суммарную мощность инфракрасных облучателей и электронагревательных элементов и их количество. И так как нагрев сои в рабочей зоне длится со строго заданным временем, то необходимо определить скорость движения сои в рабочей зоне, которая зависит от производительности установки, длины рабочей зоны. В то же время заданную скорость движения сои в рабочей зоне должен

обеспечивать вибрационный транспортер, для которого необходимо определить амплитуду, частоту колебаний и угол наклона транспортирующего устройства.

Таким образом, чтобы создать установку с системой энергообеспчения для электротепловой обработки сои, необходимо определить и взаимоувязать выше указанные параметры, то есть необходимо разработать методику расчета параметров установки. В методике необходимо определиться какие показатели могут приняты в качестве исходных данных и какие параметры накладывают определенные ограничения на расчеты энергетических и конструктивных параметров системы энергообеспечения.

Результаты и обсуждение. Главным заданным показателем, от которого напрямую зависит мощность системы энергобеспечения, является производительность установки (m, кг/ч), которая может быть задана заводом-изготовителем или заказчиком установки (потребителем).

Заданным показателем следует принять так же время нахождения зерна сои в рабочей зоне нагрева, для сорта «Соер» $\tau_{соер}$=50 с, для сорта «Припять» $\tau_{прип}$=70 с.

Исследования показали, ограничивающим и четко заданным показателем при комбинированном нагреве является верхний предел допустимой температуры нагрева сои ($t_{доп}$).

Решение задачи по созданию способа энергообеспечения процесса термической обработки сои с комбинированным ее нагревом осуществляется в следующей последовательности. Задается часовая производительность установки, которая может быть принята исходя из способа переработки (измельчение, плющение) сои, технологии смешивания соевой добавки с комбикормом, суточной, месячной потребности, способа хранения, поголовья скота и т.д.

Для заданной производительности установки необходимо определить суммарную мощность системы энергообеспечения, которая складывается из двух составляющих: мощности инфракрасных излучателей и мощности электронагревательных элементов (ТЭНов).

Требуемая (суммарная) мощность системы энергообеспечения определится по расходу электроэнергии Q и времени обработки сои τ.

$$P_у = \frac{Q}{\tau}$$

Величина Q определится из уравнения теплового баланса

$$Q=Q_{пол}+Q_{у.вл.}+Q_{огр}+Q_м,$$

где Q – суммарная теплота, вырабатываемая источниками тепловой энергии на процесс термообработки, кВт·ч; $Q_{у.вл.}$ – расход теплоты с удаляемой в процессе термообработки влагой, кВт·ч; $Q_{огр}$ – потери энергии через ограждающие конструкции рабочей камеры, кВт·ч; $Q_м$ – расход энергии на нагрев металлоконструкций, кВт·ч.

Полезная составляющая энергии на нагрев зерна определяется по формуле

$$Q_{пол}=m\cdot c\cdot(t_к–t_н),$$

где m – масса зерна, кг; c – удельная теплоемкость зерна сои, кВт·ч/кг·°С; $t_к$ и $t_н$ – конечная (допустимая) и начальная температура нагрева, °С.

Расход энергии с удаляемой влагой

$$Q_{\text{у.вл.}} = \frac{W \cdot r}{7000},$$

где – W количество влаги, выделившейся из сои, кг/с; r – теплота фазового превращения (скрытая теплота парообразования), кВт·ч/кг.

Теплота фазового превращения определяется по формуле:

$$r=2500-2,4\cdot t_{\text{о}},$$

где $t_{\text{о}}$ – температура воздушной среды в рабочей камере, °С.

Потери энергии через ограждающие конструкции (кожух)

$$Q_{\text{огр}}=\alpha\cdot F_{\text{кож}}\cdot(t_{\text{ср}}-t_{\text{о}})\cdot\tau,$$

где α – коэффициент теплоотдачи от кожуха рабочей камеры, кВт/(м^2·°С); $F_{\text{кож}}$ – поверхность кожуха, отдающая теплоту, м^2; $t_{\text{ср}}$ – средняя температура поверхности кожуха, °С; $t_{\text{о}}$ – температура окружающего кожух воздуха, °С.

Энергия, затрачиваемая на разогрев металлоконструкций

$$Q_{\text{м}}=C_{\text{м}}\cdot m_{\text{м}}\cdot(t_{\text{мк}}-t_{\text{мн}}),$$

$C_{\text{м}}$ – удельная теплоемкость металла, кВт·ч/кг·°С; $m_{\text{м}}$ – масса металла, кг; $t_{\text{мк}}$ и $t_{\text{мн}}$ – конечная и начальная температура нагрева металла, °С.

Мощность установки складывается из двух составляющих

$$P_{\text{у}}=P_{\text{ик}}+P_{\text{эн}},$$

где $P_{\text{ик}}$ – суммарная мощность инфракрасных излучателей, кВт; $P_{\text{эн}}$ – суммарная мощность электронагревательных элементов, кВт.

Экспериментально выявлены коэффициенты, позволяющие определить мощность инфракрасных излучателей и электронагревательных элементов по суммарной мощности установки.

$$P_{\text{ик}}=P_{\text{у}}\cdot k_{\text{ик}} \qquad P_{\text{эн}}= P_{\text{у}}\cdot k_{\text{эн}}$$

По известной единичной мощности ИК-ламп $P'_{\text{ИК}}$ и ТЭНов $P'_{\text{ТЭН}}$ определяется их количество

$$n_{\text{ИК}} = \frac{P_{\text{ИК}}}{P'_{\text{ИК}}} \qquad n_{\text{ТЭН}} = \frac{P_{\text{ТЭН}}}{P'_{\text{ТЭН}}}$$

В рабочей камере в процессе нагрева соя движется с определенной скоростью (υ) по поверхности вибрационного транспортера, которая жестко связана с временем одного цикла нагрева.

$$\upsilon = \frac{L_{\text{ц}}}{\tau_{\text{ц}}},$$

где $L_{\text{ц}}$ – длина нагревательной части вибрационного транспортера или длина пройденного пути зерном сои за один цикл нагрева, м. Следует отметить, что один цикл нагрева – это время одной порции зерна от начальной до конечной (заданной) температуры при прохождении зерном сои пути, равной $L_{\text{ц}}$; $\tau_{\text{ц}}$ – время нагрева одной порции (цикла), с.

Величина $L_{\text{ц}}$ определяется из условия размещения одной порции зерна в габаритах рабочей камеры.

$$L_{ц} = \frac{m_{ц}}{ш \cdot h_{з} \cdot \rho},$$

где $ш$ – ширина рабочей камеры, м. Она определяется длиной инфракрасного излучателя; $h_з$ – высота слоя зерна, м; ρ – плотность зерна сои, кг/м^3.

Величина $m_ц$ определяется по количеству циклов ($n_ц$) нагрева за 1 час и заданной производительности установки.

$$n_{ц} = \frac{3600}{\tau_{ц}}$$

$$m_{ц} = \frac{m}{n_{ц}}$$

Тогда формулу для скорости движения сои на вибрационном транспортере запишем

$$\upsilon = \frac{m_{ц}}{ш \cdot h_{з} \cdot \rho \cdot \tau_{ц}} = \frac{m}{n_{ц} \cdot ш \cdot h_{з} \cdot \rho \cdot \tau_{ц}}$$

Следует отметить, величина $\tau_ц$ в расчетах принимается для сорта сои, где $\tau_ц$ минимальная.

Так как вибрационный транспортер обеспечивает транспортирование сои в рабочей зоне ее нагрева, то его параметры: угол наклона грузонесущего полотна (α), частота вращения эксцентрика вибропобудителя (ω), амплитуда колебаний – эксцентриситет (ε) должны быть подобраны таким образом, чтобы они обеспечивали заданный технологический режим тепловой обработки сои.

Важно отметить, что режимные параметры ($\tau_ц$, $t_к$, υ) и параметры вибрационного транспортера (ω, α, ε) находятся в прямой зависимости от плотности теплового потока в рабочей зоне нагрева сои, создаваемого системой энергообеспечения за счет подачи теплоты источниками инфракрасного излучения и электронагревательными элементами.

В связи с этим параметры вибрационного транспортера определены экспериментально. В результате исследований установлено, чтобы обеспечить требуемые технологические параметры, следует настроить вибрационный транспортер на работу с параметрами: частота колебаний ω=623 мин$^{-1}$, амплитуда колебаний ε=7 мм.

Заключение: Таким образом разработанная методика расчета параметров установки для термической обработки зерна сои с двухсторонним ее нагревом позволит производить расчеты ее параметров и проектирование для различной производительности.

Список литературы

1. Шувалов, А.М. Технические средства для обработки сои / А.М. Шувалов, А.Н. Зазуля, Г.М. Шулаев, Н.А. Вотановская, Д.С. Чернов // Наука в центральной России. – 2014. – № 1 (7). – С. 55-60.

2. Шувалов, А.М. Технические средства транспортирования сои в процессе микронизации / А.М. Шувалов, Д.С. Чернов // Наука в центральной России. – 2014. – № 1 (7). – С. 60-63.

3. Зазуля, А.Н. Многофункциональная энерготехнологическая установка для крестьянского хозяйства / А.Н. Зазуля, А.М. Шувалов, А.Н. Машков, К.А. Набатов // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – № 4. – С. 10-11.

4. Шувалов, А.М. Исследование качественных показателей зерна сои в процессе термообработки / А.М. Шувалов, Н.А. Вотановская, Д.С. Чернов, Г.М. Шулаев, А.Н. Машков. // Наука в центральной России. –2015. –№1 (13). – С. 12–18.

5. Шувалов, А.М. Теоретический анализ тепловых процессов в системе энергообеспечения с комбинированным нагревом зерна сои / А.М. Шувалов, Д.С. Чернов, А.Н. Машков, Г.М. Шулаев, Н.А. Вотановская. // Наука в центральной России. –2015. –№ 2 (14). С. 12–21.

6. Шувалов, А.М. Перспективы применения комбинированного электронагрева зерна сои для удаления антипитательных веществ / А.М. Шувалов, Д.С. Чернов, А.Н. Машков, В.Ф. Калинин // Вестник ВИЭСХ. – 2014. – № 3 (16). – С. 75-77.

References

1. Shuvalov, A.M. Tehnicheskie sredstva dlja obrabotki soi / A.M. Shuvalov, A.N. Zazulja, G.M. Shulaev, N.A. Votanovskaja, D.S. Chernov // Nauka v central'noj Rossii. – 2014. – № 1 (7). – S. 55-60.

2. Shuvalov, A.M. Tehnicheskie sredstva transportirovanija soi v processe mikronizacii / A.M. Shuvalov, D.S. Chernov // Nauka v central'noj Rossii. – 2014. – № 1 (7). – S. 60-63.

3. Zazulja, A.N. Mnogofunkcional'naja jenergotehnologicheskaja ustanovka dlja krest'janskogo hozjajstva / A.N. Zazulja, A.M. Shuvalov, A.N. Mashkov, K.A. Nabatov // Traktory i sel'hozmashiny. – 2014. – № 4. – S. 10-11.

4. Shuvalov, A.M. Issledovanie kachestvennyh pokazatelej zerna soi v processe termoobrabotki / A.M. Shuvalov, N.A. Votanovskaja, D.S. Chernov, G.M. Shulaev, A.N. Mashkov. // Nauka v central'noj Rossii. –2015. –№1 (13). – S. 12–18.

5. Shuvalov, A.M. Teoreticheskij analiz teplovyh processov v sisteme jenergoobespechenija s kombinirovannym nagrevom zerna soi / A.M. Shuvalov, D.S. Chernov, A.N. Mashkov, G.M. Shulaev, N.A. Votanovskaja. // Nauka v central'noj Rossii. –2015. –№ 2 (14). S. 12–21.

6. Shuvalov, A.M. Perspektivy primenenija kombinirovannogo jelektronagreva zerna soi dlja udalenija antipitatel'nyh veshhestv / A.M. Shuvalov, D.S. Chernov, A.N. Mashkov, V.F. Kalinin // Vestnik vijesh. – 2014. – № 3 (16). – S. 75-77.

УДК 621.892

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ДЛЯ ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ГРАФЕНОМ

Аль-Саади Дар Али Юсиф,
аспирант, E-mail: viitinlab8@bk.ru
Першин Владимир Федорович,
доктор технических наук, профессор, E-mail: pershin.home@mail.ru
Дивин Александр Георгиевич,
доктор технических наук, профессор

Мозгова Галина Владимировна
к.т.н., доцент, E-mail: agdv@yandex.ru
ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов, Россия

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

Реферат. *Известно, что одно из основных назначений пластичных смазок - это отвод тепла из зоны контакта трущихся деталей. Решали задачу улучшения эксплуатационных характеристик пластичных смазок путем их модифицирования графеном, имеющим малый коэффициент трения и большой коэффициент теплопроводности. В качестве базовых смазок использовали «Солидол Ж» и «Литол-24». Модифицирование проводили в два этапа. На первом этапе готовили гомогенную смесь индустриального масла И20А и графена, а на втором этапе готовили смесь из пластичной смазки и графенового концентрата. С каждой из смазок готовили по четыре композиции с содержание графена: 0,05; 0,1; 0,15 и 0,2%. Гомогенизацию графенового концентрата и пластичной смазки, содержащей графен проводили на лабораторном смесителе. Гомогенизация осуществлялась за счет движения смеси в малом (0,05-0,15мм) зазоре между неподвижной поверхностью цилиндрического корпуса и ротора, вращающегося со скоростью 1500об/мин. Теплопроводность исследуемых материалов измерялась на модернизированной измерительной установке ИТ-λ-400, принцип действия которой основан на использовании монотонного теплового режима. На основе анализа экспериментальных данных установлено, что модифицирование пластичных смазок графеном, независимо от способа его внесения, не только уменьшает коэффициент трения и диаметр пятна износа, но и увеличивает коэффициент теплопроводности, что ускоряет процесс отвода тепла из зоны контакта трущихся пар и улучшает условия эксплуатации. Определено, что коэффициент теплопроводности увеличивается прямопропорционально концентрации графена. Для практического использования рекомендована концентрация графена от 0,1 до 0,15%, при которой коэффициент теплопроводности модифицированной смазки «Солидол Ж» увеличивается на 50-70%, «Литол-24» на 30-45%.*

Ключевые слова: *пластичная смазка; графен; модифицирование; коэффициент теплопроводности.*

DETERMINATION OF THE COEFFICIENT OF THERMAL CONDUCTIVITY FOR GREASES MODIFIED WITH GRAPHENE

Al-Saadi D.A.Y.,
graduate student, E: mail: viitinlab8@bk.ru
Pershin Vladimir,
Full Doctor of technical Sciences, professor, E-mail: pershin.home@mail.ru

Divin Alexander,
Full Doctor of technical Sciences, professor
Mozgova Galina,
Ph.D., associate professor, E-mail: agdv@yandex.ru
FGBOU VO "Tambov State Technical University" Tambov, Russia
Ostrikov Valery,
Full Doctor of technical Sciences, E – mail: viitinlab8@bk.ru
FSBSI All-Russian Scientific Research Institute of Use of Machinery and Oil Products in Agriculture, Tambov, Russia

Abstract. *It is known that one of the main purposes of grease is the removal of heat from the contact zone of rubbing parts. We solved the problem of improving the performance characteristics of greases by modifying them with graphene, which has a small coefficient of friction and a high coefficient of thermal conductivity. "Solidol G" and "Litol-24" were used as base lubricants. The modification was carried out in two stages. At the first stage, a homogeneous mixture of industrial oil I20A and graphene was prepared, and in the second stage a mixture of grease and graphene concentrate was prepared. Four compositions with graphene content were prepared with each of the lubricants: 0.05; 0.1; 0.15 and 0.2%. Homogenization of the graphene concentrate and the grease containing graphene was carried out on a laboratory mixer.Homogenization was carried out by moving the mixture in a small (0.05-0.15 mm) gap between the fixed surface of the cylindrical body and the rotor, which rotates at a speed of 1500 rpm. Thermal conductivity was measured using a modernized IT-400 measuring system, whose operation principle is based on the use of a monotonic thermal regime. Based on the analysis of the experimental data, it has been established that the modification of grease plastic with graphene, regardless of the method of its application, not only reduces the coefficient of friction and the diameter of the wear spot, but also increases the coefficient of thermal conductivity, which accelerates the heat removal from the contact zone of the rubbing pairs and improves the operating conditions. It is determined that the coefficient of thermal conductivity increases directly proportional to the concentration of graphene. The concentration of graphene from 0.1 to 0.15%, at which the coefficient of thermal conductivity of the modified lubricant "Solidol G" increases by 50-70%, "Litol-24" by 30-45% is recommended for practical use*

Key words: *grease; graphene; modification; coefficient of thermal conductivity.*

Введение. Основным назначением пластичных смазок является обеспечение снижения трения и износа в трущихся деталях машин и механизмов. Вторая их важная роль – отвод тепла из зоны трения [1].

Поскольку графен имеет очень малый коэффициент трения (0,004-0,04) и большой коэффициент теплопроводности (по разным источникам от 100 до 5000 Вт/(м·К) [2]), то задачу улучшения эксплуатационных характеристик пластичных смазок мы решали путем их модифицирования графеном. Исследования проводились по двум направлениям: механоактивация графитовой смазки; приготовление гомогенной композиции из пластичной смазки и графена. В первом варианте мы обрабатывали стандартную графитовую смазку в

планетарной мельнице при ускорениях в зоне контакта смазки с мелящими шарами от 1,2 до 150g (g - ускорение свободного падения). Результаты предварительных экспериментов показали, что коэффициент трения скольжения при использовании механоактивированной смазки уменьшается на 20-30% [3]. В процессе дальнейших исследований был найден оптимальный режим механоактивации, при котором шары скользят по внутренней поверхности барабана и образование графеновых наноструктур осуществляется в результате сдвиговых воздействий на частицы графита. Была разработана новая конструкция планетарной мельницы [4], что позволило снизить коэффициент трения скольжения в 2-2,5 раза. При реализации второго варианта стандартные смазки «Солидол-Ж» и «Литол-24» модифицировали графеном, который производят на ООО «НаноТехЦентр г.Тамбов.

Модифицирование проводили в два этапа. На первом этапе готовили гомогенную смесь индустриального масла И20А и графена, а на втором этапе готовили смесь из пластичной смазки и графенового концентрата. Гомогенизацию графенового концентрата и пластичной смазки, содержащей графен проводили на лабораторном смесителе. Гомогенизация осуществлялась за счет движения смеси в малом (0,05-0,15мм) зазоре между неподвижной поверхностью цилиндрического корпуса и ротора, вращающегося со скоростью 1500 об/мин. В зазоре возникало высокоградиентное течение смеси, которое вызывало не только смещения тонких слоев смеси относительно друг друга, но и разрушение агломератов молослойного графена, а также эксфолиацию частиц многослойного графена. Результаты определения коэффициента трения скольжения и диаметра пятна износа показали, что содержание графена 0,1% снижает коэффициент трения на 15-30 % и уменьшает диаметр пятна износа на 15-25 %. Помимо улучшения фрикционных характеристик смазочных материалов, малослойный графен образует защитные слои на поверхностях контактирующих элементов, снижая тем самым износ [5].

Материалы и методы. Ряд исследователей экспериментально фиксировали увеличение теплопроводности [6, 7, 8, 9] графеносодержащих жидких сред при увеличении концентрации графена и температуры. Следует отметить, что существенного увеличения теплопроводности базовой жидкости при увеличении температуры не наблюдалось. Результаты этих экспериментов убедительно доказывают, что графен повышает теплопроводность. Учитывая данный факт мы провели эксперименты по определению теплопроводности пластичных смазок «Солидол-Ж» и «Литол-24» модифицированных графеном.

С каждой из смазок готовили по четыре композиции с содержание графена: 0,05; 0,1; 0,15 и 0,2%. Необходимое содержание графена обеспечивали тремя способами смешивания: механоактивированную в планетарной мельнице графитовую смазку и стандартную смазку («Солидол Ж» или «Литол-24»); графеновый концентрат и стандартную смазку; механоактивированную графитовую смазку, графеновый концентрат и стандартную смазку. При приготовлении графенового концентрата использовали малослойный графен, выпускаемый ООО «НаноТехЦентр». С каждой концентрацией графена готовили по три образца и для каждого образца коэффициент теплопроводности определяли по два раза.

Теплопроводность исследуемых материалов измерялась на модернизированной измерительной установке ИТ-λ-400 [10] принцип действия которой основан на использовании монотонного теплового режима, что позволяет определять зависимость теплофизических

характеристик от температуры. Модернизация установки позволила автоматизировать процесс измерения, обработку экспериментальных данных, а также получить возможность исследовать теплопроводность не только твердых, но также жидких и пастообразных материалов. При этом, исследуемый материал в жидкой фазе размещался в специально изготовленной ячейке, влияние которой на результаты измерений учитывалось по итогам калибровки на стандартных образцах из полиметилметакрилата и кварца.

Результаты и их обсуждение

Результаты экспериментов статистически обрабатывались и рассчитывался коэффициент теплопроводности. На рисунке 1 приведена характерная зависимость коэффициента теплопроводности от температуры для стандартной пластичной смазки «Солидол-Ж».

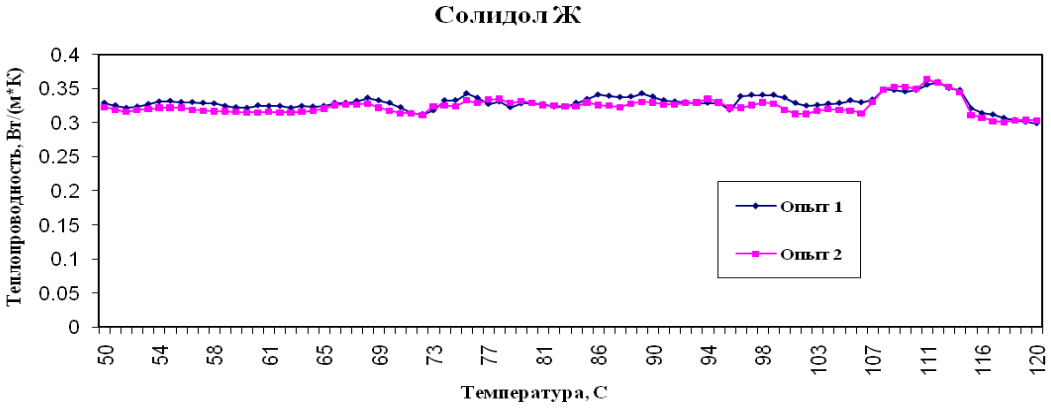


Рисунок 1- Зависимость изменения коэффициента теплопроводности смазки «Солидол Ж» от температуры нагрева.

При 5 ^{0}С теплопроводность равна 0,33 Вт, что является удовлетворительным показателем для большинства подобного рода смазок на основе кальциевого мыла.

Как видно из графика, по мере увеличения температуры нагрева смазки теплопроводимость незначительно увеличивается. При температуре 107-113 наблюдается незначительное увеличение коэффициента теплопроводности за счет присутствия в смазке «следов» воды, которая в дальнейшем испаряется. И при температуре 114-120 ºС теплопроводность равна 0,28 Вт.

На рисунке 2 даны зависимости изменения коэффициента теплопроводности от температуры для модифицированной смазок с разным содержанием графена.

Согласно приведенным данным, коэффициент теплопроводности незначительно зависит от температуры. В тоже время, с увеличением содержания графена, коэффициент теплопроводности увеличивается. Аналогичные результаты были получены при определении коэффициента теплопроводности модифицированной смазки «Литол-24».

На рисунке 3 приведены зависимости относительного увеличения коэффициента теплопроводности модифицированных смазок от содержания в них графена. Относительное увеличение рассчитывалось по формуле:

$$100\ (\lambda_м - \lambda_O) / \lambda_O, \qquad (2)$$

где λ_M-коэффициент теплопроводности модифицированной смазки, λ_O – стандартной смазки модифицированной смазки.

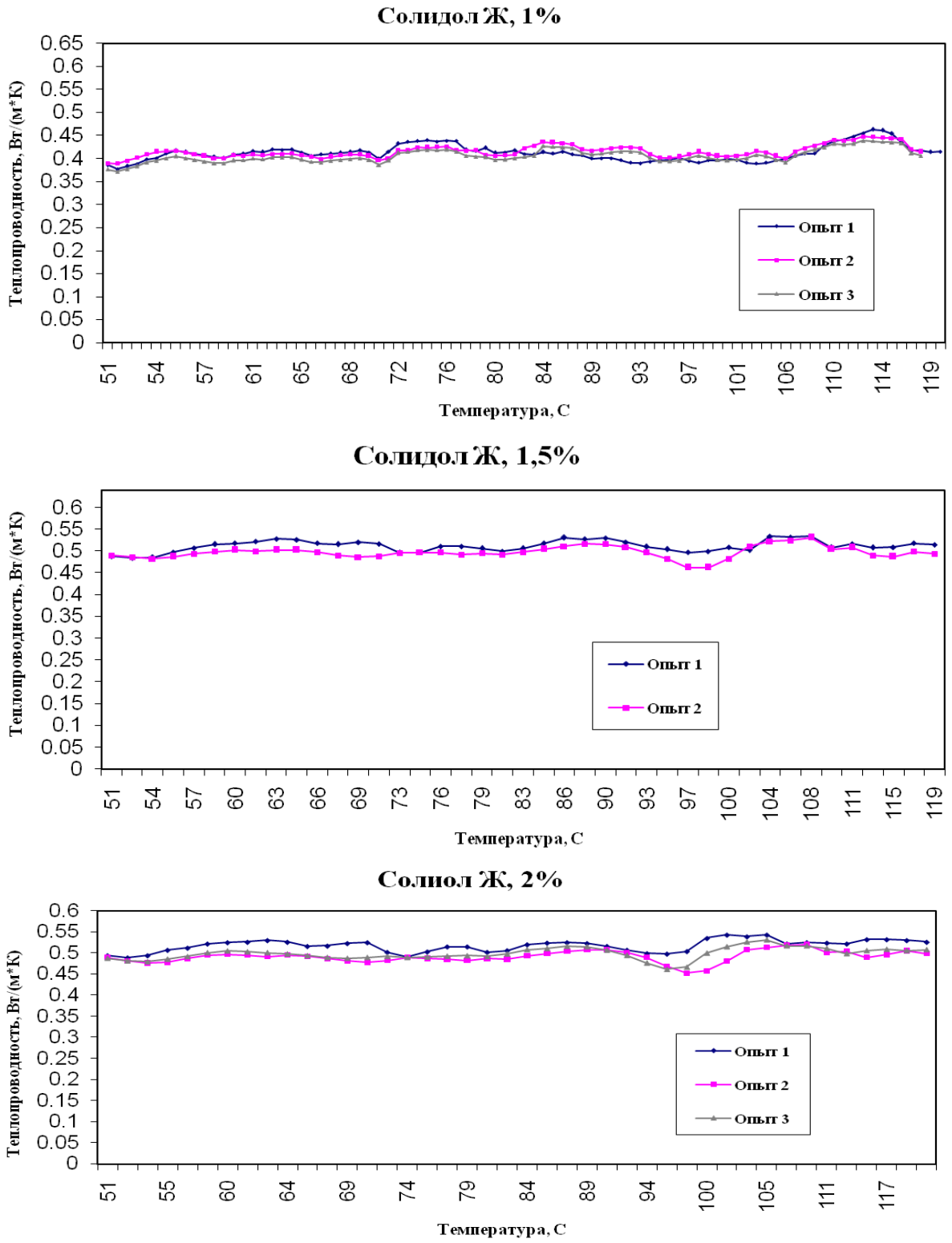
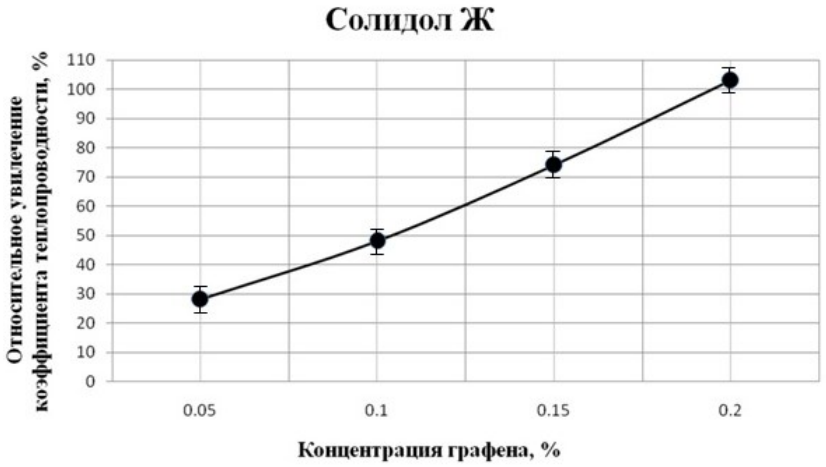
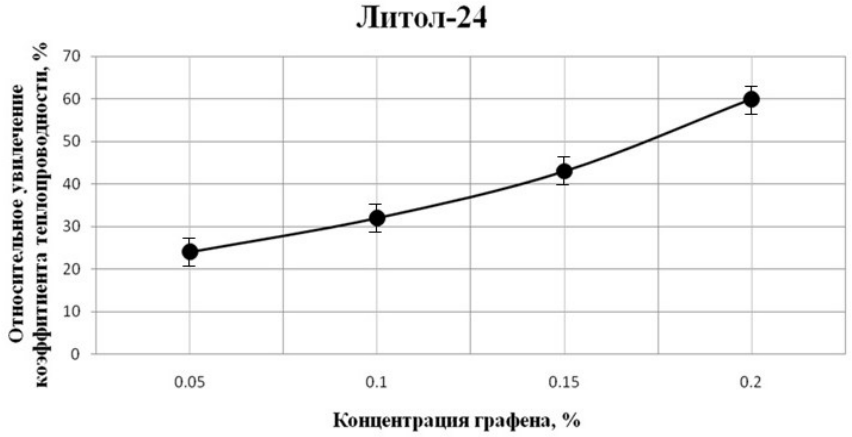


Рисунок 2. - Зависимость коэффициента теплопроводности от температуры нагрева модифицированной смазки



а)



б)

Рисунок 3. - Зависимость относительного увеличения коэффициента теплопроводности от процентного содержания графена: а-«Солидол-Ж»; б-«Литол-24»

Как видно из графиков, зависимости практически линейные.

Заключение. Модифицирование пластичных смазок графеном не только уменьшает коэффициент трения и диаметр пятна износа, но и увеличивает коэффициент теплопроводности, что ускоряет процесс отвода тепла из зоны контакта трущихся пар и улучшает условия эксплуатации.

Экспериментальног установлено, что коэффициент теплопроводности увеличивается прямопропорционально концентрации графена.

Для практического использования рекомендуется концентрация графена от 0,1 до 0,15%, при которой коэффициент теплопроводности модифицированной смазки «Солидол Ж» увеличивается на 50-70%, «Литол-24» на 30-45%.

Список литературы

1. Koppula S.B., Sudheer N. V. V. S. A review on effect of adding additives and nano additives on thermal properties of gear box lubricants/ International journal of applied engineering research, vol. 11, number 5 (2016) pp 3509-3526.

2. Lee, J.U., Yoon, D., Kim, H., Lee, S.W., Cheong, H.: Thermal conductivity of suspended pristine graphene measured by raman spectroscopy. Phys. Rev. B 83, 081419 (2011)

3. Аль-Саади Д. А. Ю., Першин В. Ф., Салимов Б. Н., Монтаев С. А. Механоактивация графитовой смазки в высокоскоростной планетарной мельнице/ вестник ТГТУ. 2016.том 22.no 4. 633-641

4. Патент РФ № 168 828 Планетарная мельница для механоактивации пастообразных материалов. Першин В.Ф., Аль-Саади Д. А. Ю., Монтаев С.А., Салимов Б.Н./ 2016. бюл. №6.

5. Modification of plastic lubricants using few-layered graphene / D. Al-Saadi, V. Pershin, E. Galunin, G. Shmavonyan, A. Tkachev, V. Ostrikov // Proceedings of the eleventh international conference semiconductor micro–and nanoelectronics. - Armenia, Yerevan, 2017. - pp 115-118.

6. S. S. Jyothirmayee Aravind And S. Ramaprabhu, “Surfactant free grapheme nanosheets based nanofluids by in-situ reduction of alkaline graphite oxide suspensions,” Journal of applied physics, vol. 110, no. 12, pp. 124326–124326–5, dec. 2011.

7. N. Jha And S. Ramaprabhu, “Thermal conductivity studies of metal dispersed multi-walled carbon nanotubes in water and ethylene glycol based nanofluids,” Journal of applied physics, vol. 106, no. 8, pp. 084317–084317–6, oct. 2009.

8. Chon C. H., Kihm K. D., Lee S. P., And Choi S. U. S. Empirical correlation finding the role of temperature and particle size for nanofluid (al2o3) thermal conductivity enhancement/ Applied physics letters, vol. 87, no. 15, p. 153107, 2005.

9. Xie H., Chen L., Adjustable thermal conductivity in carbon nanotube nanofluids/ physics letters a, vol. 373, no. 21, pp. 1861–1864, may 2009.

10. Дивин А.Г., Мищенко С.В., Пономарев С.В., Баронин Г.С., Ткачев А.Г., Мочалин С.Н. Автоматизированная измерительная система для определения теплофизических характеристик полимерных материалов/Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2008. т. 74. № 8. с. 42-45.

References

1. Koppula, S. B., Sudheer, N. V. V. S. A review on effect of adding additives and nano additives on the thermal properties of gear box lubricants/ international journal of applied engineering research, vol. 11, number 5 (2016) pp 3509-3526.

2. Lee, J. U., Yoon, D., Kim, H., Lee, S. W., Cheong, H.: Thermal conductivity of suspended pristine graphene measured by raman spectroscopy. Phys. Rev. B 83, 081419 (2011)

3. Al-Saadi, D. A. Y., Pershin V. F., Salimov B. N., Of by S. A. Mechanical activation of graphite lubricant in high-speed planetary mill/ Vestnik TGTU. 2016. Volume 22.no 4. 633-641

4. Pat. Of the Russian Federation No. 168 828 planetary mill for mechanical activation pasty materials. Pershin V. F., Al-Saadi D. A. Y., the By S. A., Salimov B. N. / 2016. Bull. No. 6.

5. Modification of plastic lubricants using few-layered graphene / D. Al-Saadi, V. Pershin, E. Galunin, G. Shmavonyan, A. Tkachev, V. Ostrikov // Proceedings of the eleventh international conference semiconductor micro–and nanoelectronics. Armenia, Yerevan, 2017. - Pp 115-118.

6. S. S. Jyothirmayee Aravind And S. Ramaprabhu, “Surfactant-free grapheme nanosheets based nanofluids by in-situ reduction of alkaline graphite oxide suspensions,” Journal of applied physics, vol. 110, no. 12, pp. 124326-124326-5, Dec. 2011.

7. N. Jha And S. Ramaprabhu, “Thermal conductivity studies of metal dispersed multi-walled carbon nanotubes in water and ethylene glycol based nanofluids,” Journal of applied physics, vol. 106, no. 8, pp. 084317-084317-6, Oct. 2009.

8. Chon C. H., Kihm K. D., Lee S. P. And Choi S. U. S. Empirical correlation finding the role of temperature and particle size for nanofluid (al2o3) thermal conductivity enhancement/ Applied physics letters, vol. 87, no. 15, p. 153107, 2005.

9. H. Xie, L. Chen, Adjustable thermal conductivity in carbon nanotube nanofluids/ physics letters a, vol. 373, no. 21, pp. 1861-1864, may 2009.

10. Divin A. G., Mischenko S. V., Ponomarev S. V., Baronin G. S., Tkachev A. G., Mochalin S. N. Automated measuring system for determining the thermophysical characteristics of polymeric materials/Zavodskaya laboratoriya. Diagnostics of materials. 2008. T. 74. No. 8. p. 42-45.

УДК 631.312.021.3

РАСХОД ТОПЛИВА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ

Лебедев Анатолий Тимофеевич,
доктор технических наук, профессор, E-mail: lebedev.1962@mail.ru
Захарин Антон Викторович,
кандидат технических наук, доцент, E-mail: anton-zaharin@mail.ru
Лебедев Павел Анатольевич,
кандидат технических наук, доцент, E-mail: zoya_lebedeva@mail.ru
e-mail: zoya_lebedeva@mail.ru.
Павлюк Роман Владимирович
кандидат технических наук, доцент, E-mail: roman_pavlyuk_v@mail.ru
Марьин Николай Александрович,
кандидат технических наук, E-mail: t707oa@rambler.ru
ФГБОУ ВО Ставропольский государственный аграрный университет, г. Ставрополь

Реферат. *Известно, что за весь срок эксплуатации дизельной техники издержки, приходящиеся на топливо-смазочные материалы, составляют около 50% всех затрат. Рассмотрено влияние конструкции экспериментальных культиваторных лап и износа плунжерных пар на расход топлива при различных режимах загрузки двигателя. Предложена сборно-разборная стрельчатая конструкция лапы культиватора, позволяющая снизить тяговое сопротивление при сохранении основных агротехнических требований. Для оценки ее свойств были проведены лабораторные и эксплуатационные испытания в нескольких хозяйствах Ставропольского края. Тяговое сопротивление фиксировали при помощи тензометрических приспособлений. Выявлено, что общий расход топлива определяется условиями эксплуатации техники, зависит от режимов работы при рабочем ходе, холостом ходе, остановках и переездах агрегата. Перерасход топлива в данных эксплуатационных условиях зависит от технического состояния деталей топливной ап-*

паратуры, которое оценивают дополнительным расходом топлива на соответствующих режимах. Получена зависимость расхода топлива, учитывающая техническое состояние топливной аппаратуры и частоту вращения коленчатого вала двигателя. Установлено, что для обеспечения стабильной работы топливной аппаратуры дизельного двигателя и уменьшения часового расхода топлива на всех скоростных режимах, необходимо обеспечение минимального зазора между плунжером и втулкой. Определено что высокая степень загрузки двигателя наблюдается при вспашке (86%) и посеве (83%), которые занимают в среднем 19,7% от общего объема работ. Установлено, что снижение расхода топлива на всех скоростных режимах двигателя можно обеспечить повышением износостойкости плунжерной пары за счет нанесения на рабочие поверхности деталей алмазоподобного тонкопленочного покрытия на основе оксикарбида кремния. При обеспечении минимального зазора в плунжерных парах и снижении тягового сопротивления агрегата за счет применения предлагаемых культиваторных лап, снижение общего расхода дизельного топлива может составить до 30%.

***Ключевые слова**: культиваторная лапа, износостойкость, рабочая поверхность, эксплуатация, износ, сменный элемент, расход топлива.*

FUEL CONSUMPTION WHEN PERFORMING TECHNOLOGICAL OPERATIONS

Lebedev Anatoly,
Full Doctor of Technical Sciences, professor, E-mail: lebedev.1962@mail.ru
Zakharin Anton,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, E-mail: anton-zaharin@mail.ru
Lebedev Pavel,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, E-mail: zoya_lebedeva@mail.ru
Pavlyuk Roman,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, E-mail: roman_pavlyuk_v@mail.ru
Marin Nikolay,
Candidate of Technical Sciences, E-mail: t707oa@rambler.ru

***Abstract**. It is known that the cost of fuel and lubricants for the entire life of diesel equipment, constitute about 50% of all costs. The effect of the design of experimental cultivator paws and the wear of plunger pairs on fuel consumption for various engine loading regimes has been considered. The collapsible lancet design of the cultivator's paw, allowing to reduce the traction resistance while maintaining the basic agrotechnical requirements, is proposed. Laboratory and operational tests in several farms of the Stavropol Territory were conducted to evaluate its properties. The tractive resistance was fixed with strain gages. It was revealed that the total fuel consumption is determined by the operating conditions of the equipment, it depends on the operating modes during the working stroke, idling, stopping and moving the unit. The fuel overconsumption in these operating conditions depends on the technical condition of the fuel equipment parts, which is assessed by the additional fuel consumption in the respective modes. The dependence of fuel consumption, taking into account the technical condition of the fuel equip-*

ment and the engine speed, was obtained. It is established that it is necessary to provide a minimum clearance between the plug and the plug to ensure stable operation of the diesel engine fuel equipment and to reduce the hourly fuel consumption at all speed modes. It is determined that a high degree of engine loading is observed during plowing (86%) and sowing (83%), which occupy an average of 19.7% of the total workload. It is established that a reduction in fuel consumption at all engine speeds can be achieved by increasing the wear resistance of the plunger pair by applying diamond-like thin-film coatings based on silicon oxycarbide to the working surfaces. Reducing the total consumption of diesel fuel can be up to 30% while ensuring a minimum clearance in the plunger pairs and reducing the traction resistance of the unit due to the use of the proposed cultivator paws,

Key words: *arable paw, wear resistance, surface maintenance, depreciation, replacement element, fuel consumption*

Введение. В современных экономических условиях перед сельскохозяйственными предприятиями стоят задачи производства высококачественной продукции, поиска путей снижения ее себестоимости. В структуре производственных затрат весомую долю занимают затраты на топливо, за весь срок эксплуатации дизельной техники издержки, приходящиеся на топливо-смазочные материалы, составляют около 50% всех затрат.

Расход топлива дизельными энергетическими средствами связан с рядом факторов: состояние топливной аппаратуры; режимы работы; длина гона; состоянием почв [1] и т.д. Эксплуатация рабочих органов почвообрабатывающих машин осуществляется в условиях постоянного абразивного и ударно-абразивного изнашивания. Абразивное изнашивание рабочих органов почвообрабатывающих машин снижает как качество выполнения работ, так и увеличивает тяговое сопротивление агрегатов. Несвоевременная смена рабочих органов приводит к значительному повышению расхода топлива из-за изменения исходной формы заменяемых деталей.

В зависимости от условий эксплуатации и изнашивающей способности почвы, ресурс рабочих органов почвообрабатывающих машин варьирует в достаточно широком диапазоне. Так, замена лемехов осуществляется при наработке 2 - 20 га, а культиваторных лап 3-16 га. При этом следует отметить, что в настоящее время отсутствуют критерии выбраковки рабочих органов для конкретных машин. Так при работе лемехов, в качестве критерия их выбраковки некоторые авторы принимают высоту затылочной фаски, которая влияет на главную составляющую силы сопротивления, стремящейся вытолкнуть клин из почвы [2]. Но оценка реальной картины контактного взаимодействия [3] показала, что размеры уплотненного ядра, образующегося перед лезвием клина, определяются как шириной захвата рабочего органа, так и шириной затылочной фаски, которые вместе формируют фактическую площадь контакта.

Экспериментальная часть. В начале работы размер уплотненного ядра близок к ширине лезвия, затем, с износом лезвия оно увеличивается. При этом именно этим уплотненным ядром фактически и выполняется работа почвообрабатывающего орудия. В процессе движения клина уплотненное ядро сходит с него и перемещается вниз или вверх относительно режущей кромки лезвия, или разрушается под действием сил трения и нормального давления

[3]. Такой процесс приводит к увеличению тягового сопротивления и ухудшению качества операции. Аналогичная картина характерна и для работы лезвийной части культиваторной лапы.

При эксплуатации самозатачивающихся культиваторных лап их размеры должны уменьшаться пропорционально. На практике происходит несколько другая картина. Из-за высокого давления на носовую часть она изнашивается интенсивнее, а сама культиваторная лапа преобразуется условно в три элемента (рисунок 1): правая и левая часть лезвия вл и вп соответственно, и носовая часть L .

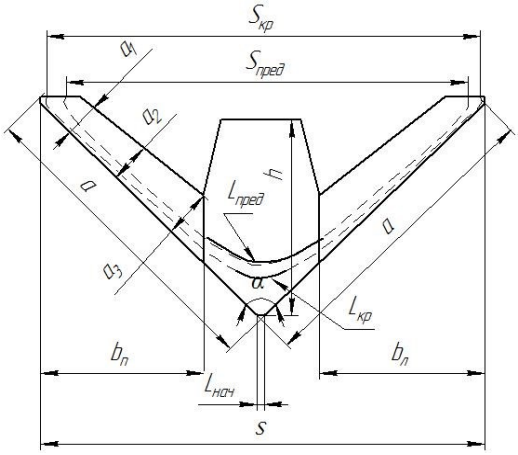


Рисунок 1 – Схема параметров и элементов культиваторной лапы.

Предельное значение дуги $L_{пред}$ носовой части отражает его фактический размер при достижении предельного износа и замене культиваторной лапы. При этом, как показали проведенные исследования выбракованных культиваторных лап, потеря исходной массы из-за износа составляет всего лишь 3…10 %.

Для повышения ресурса и качества работы культиваторных лап воспользуемся методикой повышения эффективности технологических процессов в АПК, нашедшей достаточно широкое применение и подтверждение в эксплуатации машин и оборудования сельскохозяйственного назначения. Существующая стрельчатая культиваторная лапа представляет собой сужающуюся в нижней части полосу металла треугольной формы с шириной захвата 12-38 см, имеет угол крошения от 15º до 28º, и начальную длину дуги режущей кромки 2-3мм. Положение режущего лезвия по отношению к направлению его движения обычно несимметричное: лезвие образует угол резания от 8º до 28º, поэтому оно имеет лицевую (верхнюю) и тыльную (нижнюю) стороны. Основной функцией культиваторной лапы является уничтожение сорняков, улучшение водного и воздушного режимов в почве, создание более благоприятных условий для роста и развития культурных растений. [4].

Исходя из анализа взаимодействия, и описания существующих форм культиваторных лап была предложена модернизированная конструкция [5]. Стрельчатая лапа культиватора выполнена сборно-разборной и состоит из носа, закрепленного к основе лапы болтами крепления к стойке и двух лезвий, которые вставлены в пазы основы лапы и закреплены болтами крепления лезвий в основе лапы (рисунок 2). Учитывая то, что наибольшему износу подвергается носовая часть, а не крылья, на данном этапе исследований был реали-

зован эксперимент по эксплуатации дополнительного сменного элемента только для носовой части.

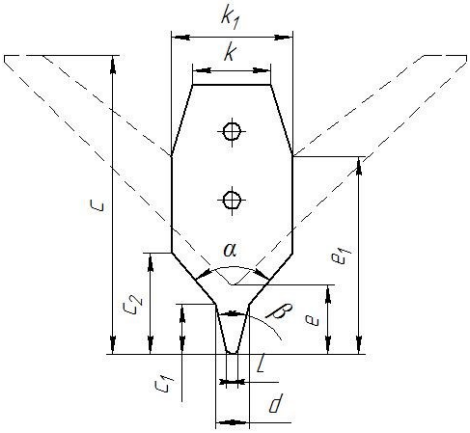


Рисунок 2 – Сменная носовая часть

Предложенная конструкция имеет следующие параметры (рисунок 2): - вылет носовой части по сравнению с исходным составляет e = 34 мм; радиус закругления носовой части L = 2,1мм; ширина накладной части R_1 = 90мм; угол основной части накладного элемента равен углу лапы $\alpha = 2\gamma = 75°$; угол атаки носа β = 28...30°.

Накладной элемент имеет два отверстия крепления. С помощью нижнего отверстия накладной элемент крепится только к лапе, а через верхнее отверстие одновременно и к несущему грядилю. Наклонные элементы в экспериментах изготовлены из стали 45, с твердостью 45...48 HRC.

Для оценки свойств модернизированной конструкции лапки были проведены их полевые испытания в сравнении со стандартными в Новокубанском филиале ФГБНУ «Росинформагротех» (КубНИИТиМ), условия проведения исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Условия проведения исследований

Наименование показателя	Значение показателей по данным исследований
Состав агрегата	МТЗ-82+КРН-5,6, с экспериментальными образцами культиваторных лап
Вид работы	Сплошная культивация
Тип почвы и название по механическому составу	Предкавказский слабовыщелоченный среднесуглинистый чернозем
Рельеф	Ровный
Микрорельеф	Ровный
Влажность почвы, %, в лоях, см: От 0 до 10 включ Св. 10 до 20 От 20 до 30	 9,5 23,3 23,8
Твердость почвы, МПа, в слоях см: От 0 до 10 включ Св. 10 до 20 От 20 до 30	 0,7 1,4 2,4
Предшествующая обработка	Дискование полупара

При проведении исследований также фиксировали и тяговое сопротивление при помощи тензометрических приспособлений. В процессе движения тензометрический датчик «DASEL» TS21-T5 считывал нагрузочные показатели и обрабатывал их при помощи тензометрической станцией KYOWA. По результатам энергетической оценки установили, что экспериментальные лапы менее энергоемки.

Тяговое сопротивление культиватора составило 5156 Н с экспериментальными лапами, а у стандартных 7360 Н, результаты остальных показателей представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Агротехнические показатели экспериментальных стрельчатых лап

Наименование показателя	Значение показателей по данным исследований		
Рабочая скорость, км/ч	10	14	18
Глубина обработки: - средняя, см; -коэффициент вариации, %	 6,6 16,0	 6,6 12,1	 6,6 16,9
Крошение почвы, %, массовая доля коков по фракциям, мм: не менее 10 от 10 до 15 от 15до 20 от 20 до 25 свыше 25	 46,4 12,8 9,6 6,4 24,8	 62,5 11,8 7,4 5,9 12,4	 46,4 16,7 10,6 7,6 18,7
Гребнистость, см	3,4	3,1	3,8

В процессе эксплуатации дизельных энергосредств в составе МТА на выполнении сельскохозяйственных операций общий расход топлива можно определить по формуле:

$$G_{общ} = G_{рх} \cdot T_{рх} + G_{хх} \cdot T_{хх} + G_{о} \cdot T_{о} + G_{п} \cdot T_{п} \quad (1)$$

где $G_{рх}$, $G_{хх}$, $G_{о}$, $G_{п}$ и $T_{рх}$, $T_{хх}$, $T_{о}$, $T_{п}$- часовые расходы топлива (кг/ч) и время работы (ч), соответственно, при рабочем, холостом ходе, остановках и переездах МТА.

Расход топлива при сплошной культивации можно определить из справочных данных [6], для некоторых видов тракторов эти данные представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Расход дизельного топлива при сплошной культивации.

Марка трактора	Расход топлива G, кг/ч								
	На остановках при холостой работе двигателя		При холостом ходе трактора		На переездах		При рабочем ходе		При номинальных оборотах
	$G_{о}$	$k_{о}$	$G_{хх}$	$k_{хх}$	$G_{п}$	$k_{п}$	$G_{рх}$	$k_{рх}$	$G_{н}$
К-701	3,5	0,06	16-27	0,29-0,5	19-30	0,35-0,55	32-51	0,59-0,94	54,0
МТЗ-80	1,4	0,09	5-7	0,33-0,46	5,5-8,5	0,36-0,56	10,5-12	0,69-0,98	13,2
Т-150К	2,5	0,07	10-13,5	0,32-0,43	11,5-14	0,37-0,54	25-27	0,79-0,96	29,4

Проведенный анализ данных установил, что максимальная загрузка двигателей тракторов приходится на выполнение таких технологических операций как посев и вспашка. На посеве различных культур величина средней загрузки двигателей колеблется в пределах 76…83 % в зависимости от типа трактора. На вспашке эти колебания проявляются меньше, и загрузка составляет 86…89%. Но доля этих технологических операций не одинакова и зависит от тягового класса и назначения трактора. В среднем 80,3% от общего годового объема работ, выполняются сельскохозяйственными тракторами класса 14, с загрузкой двигателя в пределах 45…50%. На таких операциях как транспортирование и междурядная обработка продолжительность работы составляет 50%, на заготовке кормов 47%, культивации 45% и внесении удобрений 47%. Высокая степень загрузки двигателя наблюдается при вспашке (86%) и посеве (83%), но данные технологические операции занимают в среднем 19,7% от общего объема работ. Частые изменения загрузки тракторов приводят не только к изменению режимов работы двигателя, но и варьированию режимов работы топливного насоса, который обеспечивает необходимые параметры топливоподачи в соответствие с загрузкой тракторов.

Расчет потерь дизельного топлива с учетом [6] можно определить по следующей формуле, данные полученные в результате расчетов представлены в таблице 2:

$$G_в = N_в \cdot 30 \cdot n_в \cdot i_д \cdot q_ц \cdot 10^{-3} \cdot d_в \cdot C_в \cdot t_{пр}, кг$$

где $N_в$ – номинальная мощность двигателя, кВт; $n_в$ –частота вращения коленчатого вала двигателя, мин$^{-1}$; $i_д$ – количество секций; $q_ц$ – цикловая подача, г/цикл; $d_в$ - коэффициент учета прогрессирующих потерь (0,05…0,25); $C_в$ - средняя эксплуатационная степень загрузки дизеля (0,4…0,95); $t_{пр}$ - приведенная наработка, мотто-ч.

Как видно из таблицы 4, с уменьшением частоты вращения коленчатого вала увеличиваются потери дизельного топлива, за счет увеличения неравномерности топливоподачи по секциям.

Таблица 4 - Результаты расчета потерь дизельного топлива при сплошной культивации для различных видов дизельной техники.

Показатель	К-701	Т-150-05-09	МТЗ-80
Средняя эксплуатационная загрузка, %	73	74	61
Часовая эталонная выработка, усл. эт. га	2,1	1,85	0,7
Годовая наработка, ч	1000	1000	1000
Годовой объем работ, усл. эт. га	2100	1850	700
Норма расхода дизельного топлива, кг/усл.эт. га	11,7	11,2	9,3
Потери дизельного топлива, кг/усл. эт. га	4,2	2,8	2,2
Расход дизельного топлива с учетом потерь, кг/усл. эт. га	15,9	14,0	11,5
Номинальная частота вращения коленчатого вала двигателя ($n_{ном}$), мин$^{-1}$	1900	2100	2200
Потери дизельного топлива при 0,45$n_{ном}$, кг/ усл. эт. га	5,9	3,6	3,4

При выполнении технологических операций с частотой вращения коленчатого вала $0{,}45n_{ном}$ неравномерность подачи топлива по секциям колеблется в пределах 25…35%, в зависимости от типа двигателя.

Исходя из вышесказанного, для обеспечения стабильной работы топливной аппаратуры дизельного двигателя и уменьшения часового расхода топлива на всех скоростных режимах, необходимо обеспечение минимального зазора между плунжером и втулкой. Для сохранения минимального зазора в плунжерной паре предлагается наносить на рабочие поверхности деталей алмазоподобное тонкопленочное покрытие на основе оксикарбида кремния [7]. Дополнительный эффект снижения расхода дизельного топлива может быть достигнут за счет снижения тягового сопротивления при использовании предлагаемых культиваторных лап.

Выводы. Таким образом, использование новых конструкций культиваторных лап и формирование износостойкого тонкопленочного покрытия на рабочих поверхностях плунжерных пар позволят снизить потери топлива до 30%. Эти данные были подтверждены не только лабораторными испытаниями, проведенными на базе лаборатории учебного научно-производственного центра «Восстановление и упрочнение деталей машин» кафедры технического сервиса и ремонта машин СтГАУ, но и эксплуатационными испытаниями, проведенными в нескольких хозяйствах Ставропольского края.

Список литературы

1. Лебедев, А.Т. Ресурсосберегающие направления повышения надежности и эффективности технологических процессов в АПК: Монография / А.Т. Лебедев. – Ставрополь, 2012. – 376 с.

2. Синеоков, Г.Н. Теория расчета почвообрабатывающих машин / Г.Н.Синеоков, И.М.Панов. –М.: Машиностроение, 1979. 332 с.

3. Лебедев А.Т., Износостойкость рабочих органов почвообрабатывающих машин /Лебедев А.Т., Магомедов Р.А./ Сельский механизатор. 2011. № 10. С. 34-35.

4. Лебедев, А.Т. Оценка технических средств при их выборе: Монография / А.Т. Лебедев. – Ставрополь, 2011. – 124 с.

5. Пат. 139150 Российская Федерация. Стрельчатая лапа культиватора / А.Т. Лебедев, В.В. Очинский, П.А. Лебедев [и др]. – № 2013101092; заявлено 09.01.18; опубл. 12.03.14.

6. Фере Н.Э., Бубнов В.З., Еленев А.В., Пильщиков Л.М. / Пособие по эксплуатации машинно-тракторного парка // Изд. 2-е, перераб. и доп. М., «Колос» 1978, с. 174.

7. Лебедев А.Т., Лебедев П. А. Повышение эффективности дизельной топливной аппаратуры // Тракторы и сельхозмашины. 2011. № 7. С. 43-45.

References

1. Lebedev, A.T. Resursosberegayushchie napravleniya povysheniya nadezhnosti i ehffektivnosti tekhnologicheskih processov v APK: Monografiya / A.T. Lebedev. – Stavropol', 2012. – 376 s

2. Sineokov, G.N. Teoriya rascheta pochvoobrabatyvayushchih mashin / G.N.Sineokov, I.M.Panov. –M.: Mashinostroenie, 1979. 332 s

3. Lebedev A.T., Iznosostojkost' rabochih organov pochvoobrabatyvayushchih mashin /Lebedev A.T., Magomedov R.A./ Sel'skij mekhanizator. 2011. № 10. S. 34-35

4. Lebedev, A.T. Ocenka tekhnicheskih sredstv pri ih vybore: Monografiya / A.T. Lebedev. – Stavropol', 2011. – 124 s

5. Pat. 139150 Rossijskaya Federaciya. Strel'chataya lapa kul'tivatora / A.T. Lebedev, V.V. Ochinskij, P.A. Lebedev [i dr]. – № 2013101092; zayavleno 09.01.18; opubl. 12.03.14

6. Fere N.EH., Bubnov V.Z., Elenev A.V., Pil'shchikov L.M. / Posobie po ehkspluatacii mashinno-traktornogo parka // Izd. 2-e, pererab. i dop. M., «Kolos» 1978, s. 174

7. Lebedev A.T., Lebedev P. A. Povyshenie ehffektivnosti dizel'noj toplivnoj apparatury // Traktory i sel'hozmashiny. 2011. № 7. S. 43-45

УДК 663.86.054.1

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНЦЕНТРАТА ИЗ КИПРЕЯ УЗКОЛИСТНОГО В ПРОИЗВОДСТВЕ НАПИТКОВ

Кузьменко Сергей Леонидович,
аспирант, E-mail: tambserg@gmail.com
ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет»
Родионов Юрий Викторович,
доктор технических наук, профессор, E-mail: rodionow.u.w@rambler.ru
Капустин Василий Петрович,
доктор технических наук, профессор, E-mail: kapustinvp.prof@yandex.ru
Никитин Дмитрий Вячеславович,
кандидат технических наук, доцент, E-mail:dmitryndv@gmail.com

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»

Реферат. *Перспективным направлением для удовлетворения потребности организма человека в биологически активных добавках (БАД) является создание безалкогольных напитков на основе концентратов из кипрея узколистного (Chamérion angustifólium). Изучали возможность рационального использования сырья, состоящего из листьев, цветов, корней и стебля растения. Анализ химического состава различных частей Chamérion angustifólium показал наличие флавоноидов, дубильных веществ (до 20 %), слизистых веществ (до 15 %), танина пирогалловой группы (до 10 %), кумаринов, сахара, аскорбиновой кислоты (витамин С), железа, марганца, провитамина А (ретинола ацетат). Определено, что в стебле растения содержится более 50% БАВ от содержания в листе. Разработана новая технология получения растительного концентрата из ферментированного листа и стебля растения. Предложены две технологии получения сухого концентрата. Одна – отдаленная от места производства, включает в себя: естественную или конвективную сушку, измельчение, хранение. Вторая подходит для районов, не отдаленных от производства напитков, включает в себя: завяливание, измельчение, ферментацию, сушка естественную или конвективную. В качестве экстрагента предложена водно-спиртовая смесь с содержанием 40 % этанола. В результате экспериментальных исследований установлены режимы сушки: первая ступень – конвективная сушка в течение 30-35 минут при температуре 100-120 ^{0}С; вторая ступень – вакуум-импульсная сушка 20-30 минут при температуре 40-60 ^{0}С. Влажность сырья после сушки перед дозированием должна составлять 5-7 %. Полученные сухие экстракты могут хранится в складских помещениях при температуре от 0 до +25 ^{0}С и влажности воздуха не более 75 % в течение 3 лет. Использование листьев и стеблей Chamérion angustifólium для получения экстрагента и предлагаемых технологий позволит повысить объем производства безалкогольных напитков и положительно повлиять на состояние здоровья населения страны.*

Ключевые слова*: кипрей узколистный, химический состав, водорастворимый концентрат, экстрагирование, сушка.*

TECHNOLOGY OF OBTAINING AND PROSPECTS OF USING THE WILLOW HERB CONCENTRATE IN THE PRODUCTION OF DRINKS

Kuzmenko Sergey,
postgraduate, E-mail: tambserg@gmail.com
FGBOU VO Michurinsk State Agrarian University
Rodionov Yuri,
Full Doctor of Technical Science, professor, E-mail: rodionow.u.w@rambler.ru
Kapustin Vasily,
Full Doctor Doctor of Technical Science, professor, E-mail: kapustinvp.prof@yandex.ru
Nikitin Dmitry,
Candidate of Technical Science, assistant professor, E-mail: dmitryndv@gmail.com
FGBOU VO Tambov State Technical University

Abstract. *A promising direction for satisfying the human body's need for biologically active in biologically active substances (BAS) is the creation of non-alcoholic beverages based on concentrates from the Chamérion angustifolium. The possibility of rational use of raw materials, consisting of leaves, flowers, roots and plant stem, was studied. Analysis of the chemical composition of various parts of Chamérion angustifólium showed the presence of flavonoids, tannins (up to 20%), mucous substances (up to 15%), tannins of pyrogallic group (up to 10%), coumarins, sugar, ascorbic acid (vitamin C), manganese, provitamin A (retinol acetate). It is determined that in the stem of the plant contains more than 50% of BAS from the content in the leaf. A new technology for obtaining plant concentrate from fermented leaf and plant stem is developed. Two technologies for obtaining dry concentrate are proposed. One technology remote from the place of production, includes: natural or convective drying, grinding, storage. The second technology is suitable for areas not far from the production of beverages, including: wilting, grinding, fermentation, drying natural or convective. A water-alcohol mixture with a content of 40% ethanol is proposed as an extractant. Drying modes are established as a result of experimental studies: the first stage - convective drying for 30-35 minutes at a temperature of 100-120 ^{0}C; second stage - vacuum-pulse drying for 20-30 minutes at a temperature of 40-60 ^{0}C. The moisture content of the raw material after drying prior to dosing should be 5-7%. The obtained dry extracts can be stored in warehouses at temperatures from 0 to +25 ^{0}C and humidity of air no more than 75 % for 3 years. Using the leaves and stems of Chamérion angustifolium to produce the extractant and the proposed technologies will increase the production of soft drinks and positively affect the health of the country's population.*

Keywords: *willow herb, chemical composition, water soluble concentrate, extraction, drying.*

Введение. В настоящее время растительные концентраты находят широкое применение в производстве пищевых продуктов. Одной из устойчивых тенденций применения растительных концентратов в последние годы является расширение ассортимента безалкогольных напитков. История разработки рецептуры и применения растительных компонентов в СССР уходит в 50-70 годы прошлого века, когда были созданы напитки

«Байкал», «Тархун», «Саяны», «Лимонад» и «Дюшес». Напитки производились на натуральном сырье, без добавления искусственных ароматизаторов и красителей. С начала 90-х годов, и по настоящее время, большинство безалкогольных напитков изготавливаются на основе концентратов и ароматизаторов идентичных натуральным или искусственным.

Создание напитков на основе концентратов, полученных из натурального растительного сырья, рассматривается как одна из перспективных оптимальных видов продуктов, используемых для удовлетворения потребности организма человека в биологически активных веществах (БАВ).

Введение в безалкогольные напитки различных концентратов из лекарственных растений позволяет увеличить физиологическую активность исходного напитка, поскольку лекарственные растения содержат различные БАВ (витамины, фенольные соединения, зольные элементы, органические кислоты, макро и микроэлементы и др.). Полученные таким образом напитки являются ценнейшими универсальными продуктами общеоздоровляевающего действия, поддерживающими химический баланс организма.

Одним из перспективных растений для производства натурального концентрата является кипрей узколистный (Chamerion angustifolium L., семейство Кипрейные – Onagraceae), популярность этого растения уходит корнями в глубь традиций чаепития на Руси.

«Копорский чай» называли этот напиток по месту его изготовления в селении Копорье. Напиток изготавливали из листьев кипрея узколистного, прошедших ферментацию.

Критерием для выбора кипрея узколистного в качестве основного компонента для производства концентратов на его основе послужили органолептические показатели настоя, проявляющиеся при его заваривании, а также высокое содержание флавоноидов и аскорбиновой кислоты.

Ферментированный кипрей узколистный в отличие от байхового листового чая не содержит кофеина, а значит и не вызывает кофеиновую зависимость, не содержит пуриновых оснований и щавелевой кислоты, одних из основных виновников нарушения обмена веществ, не окрашивает зубную эмаль, активизирует деятельность мозга, не возбуждая нервной системы. Это, несомненно, является основанием для его использования в качестве отечественного сырья в промышленных масштабах, поскольку даже естественных зарослей кипрея узколистного в Центрально-Черноземном регионе предостаточно.

Цель исследования – использование листьев, стеблей и цвета кипрея узколистного для получения концентрата, применяемого при производстве безалкогольных напитков и повышение срока его хранения. Улучшение состояние здоровья населения.

Материалы и методы. Анализ, проведенного химического состава кипрея узколистого произрастающего в различных регионах России содержится ряд полезных органических соединений: флавоноиды, дубильные вещества (до 20 %), слизистые вещества (до 15 %), танин пирогалловой группы (до 10 %), алколоиды (0,1 %), кумарины, сахара, аскорбиновая кислота (витамин С), железо, марганец, провитамин А (ретинола ацетат) [1-4].

В таблице 1 представлен химический состав кипрея узколистного, который позволяет рекомендовать его без ограничений для всех возрастных групп населения [1, 2, 3]. Все представленные напитки на рынке из кипрея узколистного изготавливаются на основе листа, прошедшего ферментацию. Стебель растения не используется.

Таблица 1 – Химический состав кипрея узколистного

Показатель	Содержание в 100 г листьев кипрея
Белки, г	4,71
Жиры, г	2,75
Углеводы, г	8,62
Дубильные вещества, %	10,00-20,00
Пищевые волокна, г	10,60
Витамин PP, мг	0,30
Витамин B1 (тиамин), мг	0,11
Витамин B2 (рибофлавин), мг	0,12
Витамин C, мг	13,00
Витамин B5, мг	1,17
Витамин B6, мг	0,18
Витамин B9, мг	2,40
Танин, мг	10,00
Зола, мг	2,54
Кальций, мг	3620,00
Магний, мг	893,00
Натрий, мг	120,00
Калий, мг	3900,00

Особую актуальность приобретает вопрос рационального использования сырья, состоящего из листьев, цветов, корней и стебля растения. В таблице 2 представлены данные о содержании БАВ в различных частях кипрея узколистного [5, 6]. Как следует из представленных результатов, в стебле содержится более 50% БАВ от содержания в листе, что подтверждает необходимость его использования при производстве концентрата для напитков.

Таблица 2 – Содержание флавоноидов и аскорбиновой кислоты в кипреи узколистном

Часть растения	Соотношение частей, %	Массовая доля флавоноидов, в пересчете на рутин, мг/100 г	Массовая доля аскорбиновой кислоты, мг/100 г
Цветы	6,9	30,1	27,1
Листья	56,5	53,5	44,0
Стебли	24,8	28,9	28,6
Корни	11,8	12,6	19,8
Растение в целом	100,0	40,0	36,2

В статье предлагается новая технология получения концентрата из кипрея узколистного для использования в производстве безалкогольных напитков. Для получения водорастворимого концентрата предлагается получать чайный сухой концентрат из ферментированного листа и стебля растения. Технология получения сухого чайного концентрата из кипрея узколистного включает следующие технологические операции (рисунок 1).

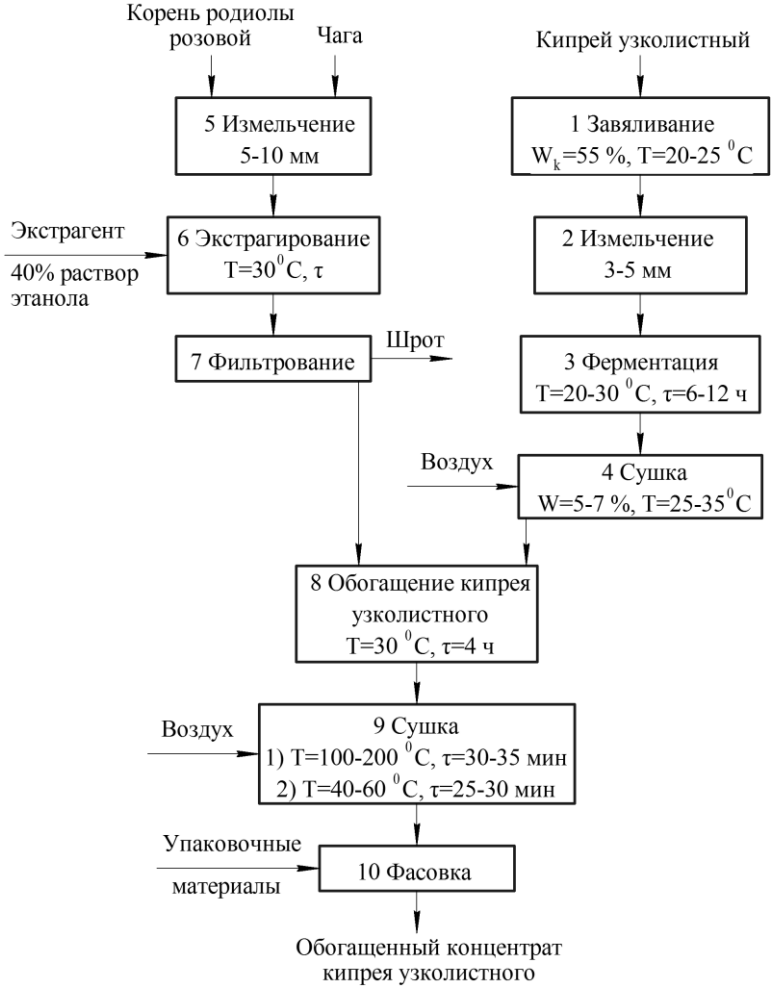


Рисунок 1 – Технология получения чайного концентрата на основе кипрея узколистного

Результаты и обсуждения. Заготовка «основного» растительного сырья – кипрея узколистного и «вспомогательного» сырья - родиола розовая, чага, календула, лимонник и т.д. происходит с соблюдением норм и правил государственной фармакапеи (ГФ) [8].

Для получения водорастворимого концентрата из кипрея узколистного предлагается использовать чайный сухой концентрат из ферментированного листа и стебля, и усовершенствовать технологию, осуществляющую по двум направлениям (рисунок 1).

При использовании технологии получения сырья от кипрея по первому направлению выполняются естественная или конвективная сушка, измельчение, хранение. Процесс измельчения происходит перед отправкой на производство или на самом производстве. Этот вид технологического процесса позволяет заготавливать сырьё в отда-

лённых районах от места производства и доставлять партиями для дальнейшей переработки.

Технология получения сырья по второму направлению состоит из следующих процессов: завяливание, измельчение, ферментация, сушка естественная или конвективная (см. рисунок 1). Эта технология подразумевает, что заготовка сырья происходит не в отдалённых районах, а рядом с производством, так как требует соблюдения определённых технологических временных этапов.

При использовании обеих технологий после доставки сырья на производство устанавливается его подлинность по нормам и правилам ГФ, определяется сумма экстрактивных веществ, которая характеризует качество сырья, определяется влажность, которая учитывается в процессе увлажнения сырья растительным экстрактом, а также при экстракции – извлечении биологически активных веществ экстрагентом.

Влажность сырья влияет на процесс измельчения. Влажное сырьё плохо измельчается, а пересушенное даёт большую фракцию мелких частиц и распыляется. Показатель влажности после сушки в обеих технологиях перед дозированием должен составлять 5-7%.

Для обогащения дополнительными БАВ сухого чайного концентрата используется растительное сырьё родиола розовая и чага. Родиолу розовую и чагу после заготовки подвергают сушке, измельчению, определению подлинности данного растительного сырья, дозируют и передают на технологический процесс экстрагирования.

Процесс экстрагирования является основной стадией получения экстрактов из растительного сырья. В процессе экстракции сочетаются две фазы: твёрдая (растительный материал) и жидкая (экстрагент). В предлагаемой технологии в качестве экстрагента используется водно-спиртовая смесь с содержанием 40% этанола. В зависимости от типа экстрагента, температуры экстракции, гидромодуля нами предлагается получать экстракты с различными заданными биологическими и ароматическими свойствами.

Известно, что биологически активные вещества в сухом растительном сырье находятся на стенках их клеток. При экстрагировании сухого сырья технологический процесс извлечения биологически активных веществ складывается из следующих стадий: проникновение экстрагента в сырьё, смачивание – влагопоглощение, растворение биологически активных веществ из клетки, массоперенос веществ путём молекулярной диффузии. Жидкий экстрагент характеризуется рядом преимуществ: хорошо проникает через клеточные стенки, вследствие чего сокращается путь диффузии частиц внутри растительной клетки, ускоряется процесс экстрагирования (в связи с увеличением числа разрушенных клеток путём измельчения) и за счет увеличения общей поверхности контакта сырья с экстрагентом. Он является универсальным растворителем. Растворяет многие биологически активные вещества, доступен по ценовой политике.

По окончании процесса экстракции сухого растительного сырья жидкая фракция отделяется фильтрованием. Определяется экстрактивность сухих веществ, содержание биологически активных веществ в зависимости от использования растительного сырья.

Полученный экстракт вносят для увлажнения «основного» сырья. Процесс увлажнения основного сырья включает следующие процессы: пропитывание - влагопоглощение, перемешивание, набухание, диффузию в ограниченных условиях при заданной температуре и времени выдержки. После выдержки растительную массу передают на

сушку. По результатам экспериментальных исследований рекомендуется следующий режим сушки: первая ступень – конвективная сушка в течение 30-35 мин при температуре 100-120 °С; вторая ступень – вакуум-импульсная сушка 25-30 мин при температуре 40-60 °С [7].

Полученные экстракты упаковывают в полимерные пакеты, покрытые слоем из фольги, герметично закрывают и хранят в складских помещениях при температуре от 0 до +25 °С и влажности воздуха не более 75% в течение 3 лет. По показателям безопасности концентраты чайные должны отвечать требованиям технического регламента Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» ТР ТС 021/2011. Полученный сухой чайный концентрат может использоваться для производства напитков «холодный чай» по технологии методом заваривания, а также для употребления населением в виде горячего чайного напитка.

В технологии, представленной на рисунке 2 рассматривается дальнейший технологический цикл получения водорастворимого концентрата из ранее полученного сухого чайного концентрата.

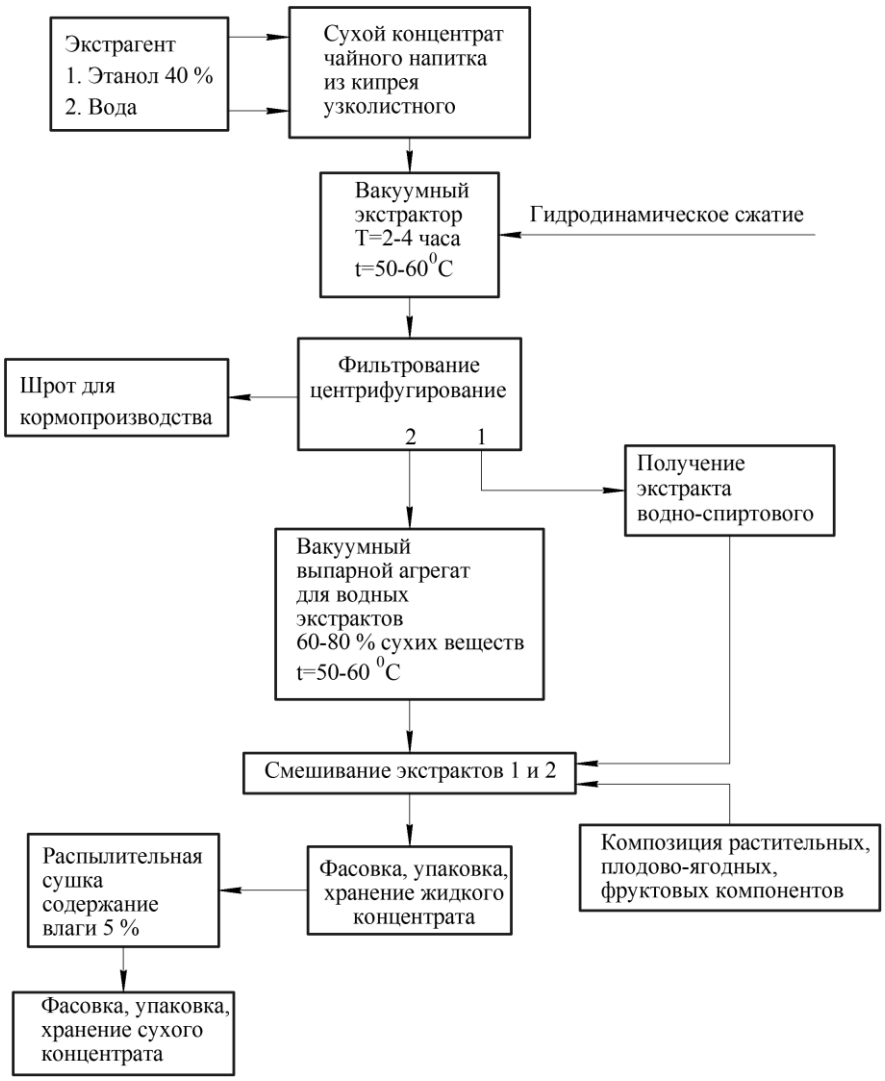


Рисунок 2 – Технология получения водорастворимого концентрата на основе кипрея узколистного

Чайный концентрат, полученный из кипрея узколистного, подвергают последовательной экстракции полярными растворителями. На первом этапе производят экстрагирование водно-спиртовой смесью с содержанием этанола 40 %. Экстракцию производят в вакуумном экстракторе при температуре 50-60 ^{0}С. Время экстрагирования составляет 2-3 часа. Соотношение сырьё/экстрагент 1:5 с учётом коэффициента влагопоглощения. В процессе экстракции под вакуумом для полноты извлечения БАВ применяется внешнее воздействие на растительное сырьё «гидродинамическим сжатием», что позволяет уменьшить время извлечения БАВ из чайного концентрата. Полученный экстракт отделяется от шрота фильтрованием и хранится до процесса смешивания. Время хранения составляет несколько часов.

Шрот чайного концентрата подвергается второй фазе экстракции. Расчётное количество воды заливают в соотношении 1:3 и экстрагируют под вакуумом. Время экстрагирования составляет 1час. Далее экстракт отделяют от шрота с помощью фильтрования и центрифугирования, после чего передают на вакуумно-выпарной аппарат, где концентрируется при температуре 50-60 °С до количества экстрактивных веществ 60-80%.

Экстракт водный и водно-спиртовый смешивают до получения заданных свойств концентрата. Согласно разработанным рецептурам могут добавляться композиции растительных, плодово-ягодных, фруктовых компонентов, для придания органолептических и физико-химических параметров готового концентрата.

Концентрат является конечным продуктом технологической переработки растительного сырья.

Заключение. Использование листьев и стеблей узколистного кипрея для получения экстрагента и предлагаемых технологий позволит повысить (получать больший) объем производства безалкогольных напитков и положительно повлиять на состояние здоровья населения страны.

Список литературы

1. Изучение экстрактивных веществ кипрея узколистого / И.В. Полежаева [и др.] // Химия растительного сырья. – 2005. – № 1. – С. 25-29.

2. Валов, Р.И. Элементный состав травы и экстракта хамериона узколистного. / Р.И. Валов, М.А. Ханина, А.П. Родин // Фармация. – 2010. – №8. – С. 6-8.

3. Полежаева, И.В. Сравнительное исследование химического состава кипрея узколистного И.В. Полежаева, Н.И. Полежаева, В.А. Левданский. // Вестник КГУ. Естественные науки. – 2005. – №2. – С. 130-133.

4. Федина, П.А. Определение антиоксидантов в продуктах растительного происхождения амперометрическим методом. / П.А. Федина, А.Я. Яшин, Н.И. Черноусова // Химия растительного сырья. – 2010. – №2. – С. 91-97.

5. Фозилова, В.В. Разработка и исследование потребительских свойств чайных напитков на основе кипрея узколистного автореф. дис. ... канд. техн. наук. 05.18.15 – Кемеров. технол. ин-т пищ. пром.– Кемерово. – 2014. – 16 с.

6. Рыженко, В.И. Лекарственные растения: Справочник / Сост. В.И. Рыженко. – М.: Изд. Оникс. – 2007.

7. Условия комбинированной конвективной вакуум-импульсной сушки растительных продуктов / Попова И.В. [и др.] // Вопросы современной науки и практики. Университет В.И. Вернадского. – Т.2. №4(14). – 2008. – С. 21-25.

8. Государственная фармакопея РФ. – 11-е изд. – М.: Медицина, 1998. – Вып. 1. – 336 с.; вып. 2. – 400 с.

References

1. Izuchenie jekstraktivnyh veshhestv kipreja uzkolistogo / I.V. Polezhaeva [i dr.] // Himija rastitel'nogo syr'ja. – 2005. – № 1. – S. 25-29.

2. Valov, R.I. Jelementnyj sostav travy i jekstrakta hameriona uzkolistnogo. / R.I. Valov, M.A. Hanina, A.P. Rodin // Farmacija. – 2010. – №8. – S. 6-8.

3. Polezhaeva, I.V. Sravnitel'noe issledovanie himicheskogo sostava kipreja uzkolistnogo I.V. Polezhaeva, N.I. Polezhaeva, V.A. Levdanskij. // Vestnik KGU. Estestvennye nauki. – 2005. – №2. – S. 130-133.

4. Fedina, P.A. Opredelenie antioksidantov v produktah rastitel'nogo proishozhdenija amperometricheskim metodom. / P.A. Fedina, A.Ja. Jashin, N.I. Chernousova // Himija rastitel'nogo syr'ja. – 2010. – №2. – C. 91-97.

5. Fozilova, V.V. Razrabotka i issledovanie potrebitel'skih svojstv chajnyh napitkov na osnove kipreja uzkolistnogo avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk. 05.18.15 – Kemerov. tehnol. in-t pishh. prom.– Kemerovo. – 2014. – 16 s.

6. Ryzhenko, V.I. Lekarstvennye rastenija: Spravochnik / Sost. V.I. Ryzhenko. – M.: Izd. Oniks. – 2007.

7. Uslovija kombinirovannoj konvektivnoj vakuum-impul'snoj sushki rastitel'nyh produktov / Popova I.V. [i dr.] // Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet V.I. Vernadskogo. – T.2. №4(14). – 2008. – S. 21-25.

8. Gosudarstvennaja farmakopeja RF. – 11-e izd. – M.: Medicina, 1998. – Vyp. 1. – 336 s.; vyp. 2. – 400 s.

УДК 66.081.63

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭЛЕКТРОБАРОМЕМБРАННОГО УДАЛЕНИЯ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Абоносимов Олег Аркадьевич
доктор технических наук, доцент, E-mail: abontam@inbox.ru
Лазарев Сергей Иванович
доктор технических наук, профессоре, E-mail: geometry@mail.nnn.tstu.ru
Стрельников Александр Евгеньевич
аспирант, E-mail: geometry@mail.nnn.tstu.ru
Дмитриев Вячеслав Михайлович
доктор технических наук, профессор, E-mail: geometry@mail.nnn.tstu.ru
Котенев Сергей Игоревич
студент, E-mail: serega.8888888@yandex.ru
ФГБОУ ВО Тамбовский государственный технический университет, Тамбов

Реферат. *Известно, что все более ожесточающиеся требования к сбросу агропромышленных сточных вод требуют поиска и разработки более эффективных решений в области их очистки. Рассмотрена экологическая эффективность процесса электробаромембранного удаления ионов тяжелых металлов из сточных вод, образующихся в местах хранения техники в нерабочий период и на территории ремонтных мастерских. Изучали электробаромембранную очистку сточных вод от ионов тяжелых металлов: свинца, железа, кадмия на лабораторной электробаромембранной установке плоскокамерного типа. В качестве объектов исследования использовали технологические растворы, агропромышленных предприятий и модельные растворы* $FeSO_4$, $CdSO_4$, $Pb(NO_3)_2$. *Использовали отечественные мембраны МГА-95, МГА-100.* Установили, что ацетатцеллюлозные мембраны МГА-95, МГА-100 сохраняют свои рабочие характеристики при величине pH среды в диапазоне от 3 до 8. Определены вольтамперные характеристики растворов, содержащих ионы железа, кадмия и свинца. С ростом концентрации во всех исследуемых растворах происходит увеличение плотности тока, при равных значениях напряжения и концентрации плотность тока для раствора $Pb(NO_3)_2$ больше, чем для $FeSO_4$ и $CdSO_4$. Показали, что коэффициент задержания является основной характеристикой эффективности работоспособности мембран. Получили экспериментальные зависимости коэффициента задержания от трансмембранного давления, плотности тока для реальных стоков. Вывели эмпиричекую формулу для расчета коэффициента задержания. Сравнение экспериментальных и расчетных значений коэффициента задержания показало их удовлетворительное совпадение.

Ключевые слова: *электробаромембранная очистка; сточные воды; эффективность; плотность тока; коэффициент задержания.*

ECOLOGICAL EFFICIENCY OF ELECTROBAROMEMBRANE REMOVING IONS OF HEAVY METALS FROM SEWAGE WATERS OF AGRICULTURAL ENTERPRISES

Abonosimov Oleg,
doctor of technical Sciences, dozent, E-mail: abontam@inbox.ru
Lazarev Sergey,
doctor of technical Sciences, Professor, E-mail: geometry@mail.nnn.tstu.ru
Strelnikov Alexander,
graduate student, E-mail: geometry@mail.nnn.tstu.ru
Dmitriev Vyacheslav,
doctor of technical Sciences, Professor, E-mail: geometry@mail.nnn.tstu.ru
Kotenev Sergey
student, E-mail:serega.8888888@yandex.ru
FSBEI HE Tambov state technical University, Tambov

Abstract. *It is known that increasingly more stringent requirements for the discharge of agro-industrial wastewater require the search and development of more effective solutions in the field of their purification. The ecological efficiency of the process of electrobaromebrane removal of heavy metal ions from wastewater generated in places of storage of machinery during the non-working period and in the territory of repair shops is considered. Electro-barembrane purification of wastewater from heavy metal ions: lead, iron, cadmium on a laboratory electrobarium-membrane plant of a flat-chamber type was studied. Technological solutions, agro-industrial enterprises and model solutions* $FeSO_4$, $CdSO_4$, $Pb(NO_3)_2$. *were used as research objects. Domestic membrane MHA-95, MGA-100 was used. It was found that the cellulose acetate membranes MGA-95, MGA-100 retain their performance at a pH value of the medium in the range from 3 to 8. The current-voltage characteristics of solutions containing iron, cadmium and lead ions are determined. An increase in the current density occurs with an increase in the concentration in all the solutions studied, with equal values of voltage and concentration, the current density for the* $Pb(NO_3)_2$ *solution is greater than for* $FeSO_4$ *and* $CdSO_4$. *It was shown that the retention factor is the main characteristic of membrane performance. Experimental dependences of the retention factor on the transmembrane pressure, the current density for real drains, were obtained. The empirical formula for calculating the retention rate was derived. Comparison of the experimental and calculated values of the retention factor showed their satisfactory coincidence.*

Key words: *electrobarembrane cleaning; wastewater; efficiency; current density; retention rate.*

Введение. На предприятиях агропромышленного комплекса (АПК) образуются концентрированные и высококонцентрированные сточные воды. Они содержат преимущественно органические вещества, но в местах хранения техники, на территориях ремонтных мастерских в сточные воды попадают тяжелые металлы и их соли [1]. Сточные воды состоят из разбавленных стоков (промывные воды) и концентрированных растворов (моющие, обезжиривающие, травильные, электролиты). Как правило, на

большинстве предприятий слабозагрязненные и концентрированные сточные воды подлежат смешиванию и последующей совместной обработке

Одним из наиболее актуальных методов очистки таких растворов является электробаромембранный процесс, при котором реализуется одновременное воздействие электрического потенциала и градиента давления. К преимуществам электробаромембранной технологии относится её малая энергоёмкость, экологичность, безреагентность, простота конструктивного оформления и возможность выделения из растворов веществ малой концентрации [2].

Экспериментальная часть. В последнее время для электробаромембранных аппаратов разделения применяют в большинстве случаев полиамидные и ацетатцеллюлозные мембраны. В связи с этим, в экспериментальных исследованиях применялись мембраны МГА-95, МГА-100. Данные мембраны выпускаются отечественными производителями и по своим свойствам не уступают зарубежным аналогам, что важно отметить в условиях современных реалий российской экономики, ориентированной на эффективное импортозамещение.

В качестве объектов исследования использовали технологические растворы, агропромышленных предприятий и модельные растворы $FeSO_4$, $CdSO_4$, $Pb(NO_3)_2$.

При проведении экспериментальных исследований использовалась лабораторная электробаромембранная установка плоскокамерного типа, схема которой представлена на рисунке 1. Рабочим элементом лабораторной установки является электробаромембранная ячейка, в котором осуществляется процесс электромембранного разделения. Устройство электробаромембранной ячейки представлено на рисунке 2.

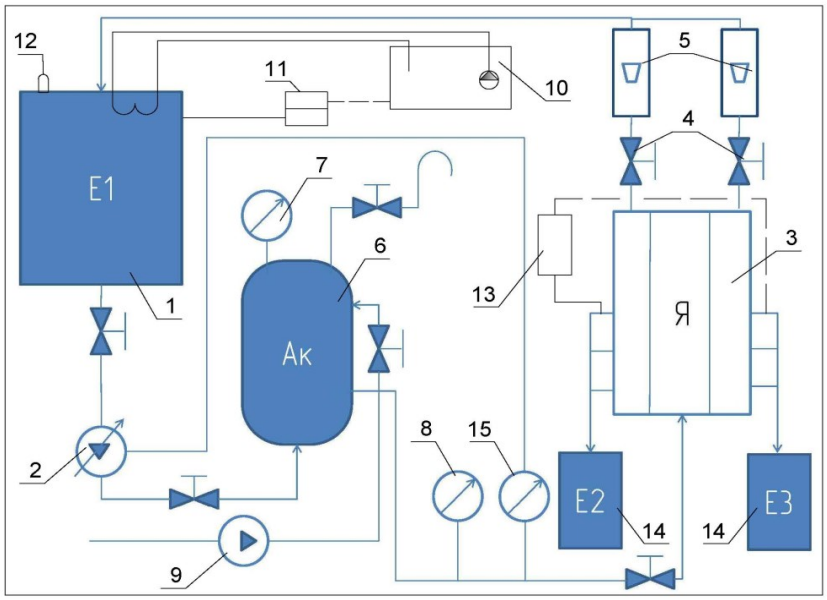


Рисунок 1 - Схема плоскокамерной электробаромембранной установки:
1- расходная емкость; 2 – насос высокого давления; 3 – электромембранная ячейка; 4- дроссель; 5- ротаметры; 6 – ресивер; 7, 8 – манометры; 9 – компрессор; 10 – термостат; 11 – потенциометр; 12 – термометр; 13- источник постоянного тока; 14 – емкость пермеата; 15 –электроконтактный манометр.

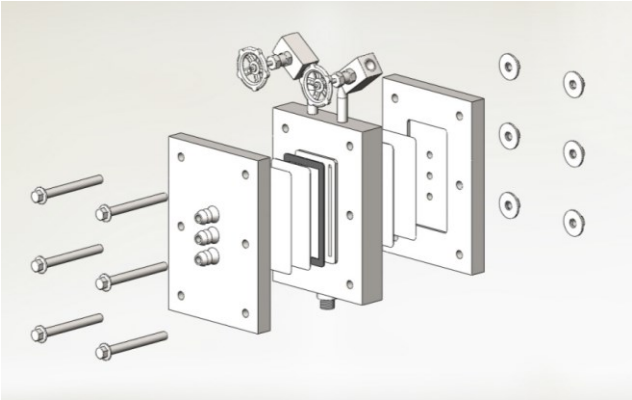
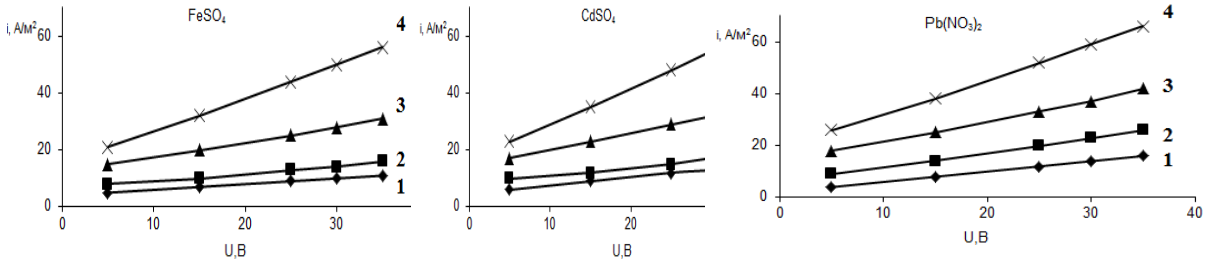


Рисунок 2 - 3D-модель электробаромембранной ячейки

Методика проведения исследований представлена в работе [3].

Результаты и обсуждение. Одним из основных показателей электробаромембранной очистки водных растворов является величина плотности тока, которая может меняться в широких пределах [4].

С целью прогнозирования выбора оптимальной плотности тока при проведении исследований электрохимической очистки технологических растворов сельскохозяйственных производств были определены вольтамперные характеристики растворов, содержащих ионы железа, кадмия и свинца. Результаты исследования представлены на рисунке 3.



а) б) в)

Рисунок 3. - Зависимость плотности тока от напряжения для растворов $FeSO_4$ (а), $CdSO_4$ (б), $Pb(NO_3)_2$ (в) при постоянной температуре T = 295 К; $C_{исх}$, кг/м3:1 – 0,10; 2 – 0,25; 3 – 0,35; 4 – 0,65

Для всех вольтамперных характеристик наблюдается близкая к линейной зависимость плотности тока от напряжения. С ростом концентрации во всех исследуемых растворах происходит увеличение плотности тока. Величина плотности тока не достигает критических значений, так как на графиках не наблюдается точка перегиба зависимости плотности тока от напряжения. При сравнении зависимости плотности тока от напряжения можно отметить, что при равных значениях напряжения и концентрации плотность тока для раствора $Pb(NO_3)_2$ больше, чем для $FeSO_4$ и $CdSO_4$.

При электрохимическом разделении многокомпонентных растворов изменение pH раствора (подкисление или подщелачивание) оказывает большое влияние на основные кинетические характеристики [5]. Так понижение pH раствора вызывает рост удельной производительности и коэффициента задержания. Это, вероятно, вызвано тем, что происходит разрушение объемных и пограничных слоев у поверхности мембраны, а также

уменьшение высоты рабочего слоя мембраны. В результате увеличивается скорость проникновения растворителя через мембрану. Однако, ацетатцеллюлозные мембраны МГА-95, МГА-100 сохраняют свои рабочие характеристики при величине pH среды в диапазоне от 3 до 8.

С целью определения зависимости величины pH разделяемого раствора от плотности тока были проведены эксперименты на лабораторной электробаромембранной установке плоскокамерного типа при варьировании плотности тока и определении значений pH пермеата на прикатодных и прианодных мембранах МГА-100. Эксперимент проводили на двух пробах реальных сточных вод, отобранных на очистных сооружениях ОАО «ТКС» «Тамбовводоканал». Первая проба имела pH, равное 6,7, вторая - представляла собой слабокислую среду с pH=4,4. Результаты экспериментальных исследований представлены на рисунке 4.

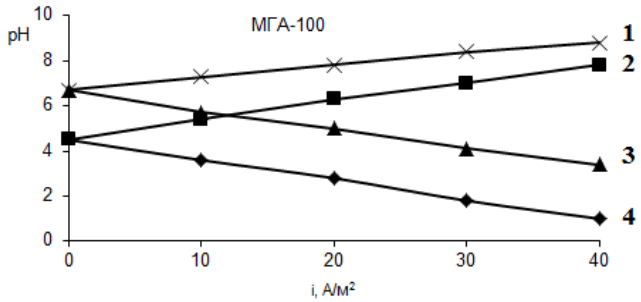


Рисунок 4. - Зависимость pH раствора от плотности тока при температуре T=295 K: 1,2 - прикатодная мембрана; 3,4 - прианодная мембрана

По результатам эксперимента можно отметить, что в прикатодном растворе происходит подщелачивание в связи с тем, что на катоде происходит разложение воды с конечным образованием молекулярного водорода H_2 и гидроксид-иона OH^- по реакции:

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

В прианодном растворе (анолите) происходит подкисление, так как на аноде происходит разложение воды по реакции:

$$2H_2O - 4e^- \rightarrow O_2 + 4H^+$$

При этом ионы, которые задерживаются мембраной, концентрируются в разделяемом растворе. В случае многокомпонентного раствора, содержащего различные катионы или анионы, при помощи изменения величины плотности тока можно изменять степень их разделения.

Коэффициент задержания является основной характеристикой эффективности работоспособности мембран и зависит от множества таких факторов, как трансмембранное давление, плотность тока, природа растворенного вещества, концентрация, влияющих на характеристики процесса разделения [5].

В исследованиях определяли зависимости коэффициента задержания ацетатцеллюлозных мембран МГА-95, МГА-100 при электробаромембранной очистке промышленных сточных вод от ионов Fe(II), Cd(II), Pb(II) от концентрации, скорости раствора в межмембранном канале, компонентного состава, трансмембранного давления, температуры раствора.

Для определения влияния трансмембранного давления на коэффициент задержания исследования проводились при варьировании давления от 1,0 до 4,0 МПа. Полученные зависимости коэффициента задержания от трансмембранного давления представлены на рисунке 5, от концентрации - на рисунке 6.

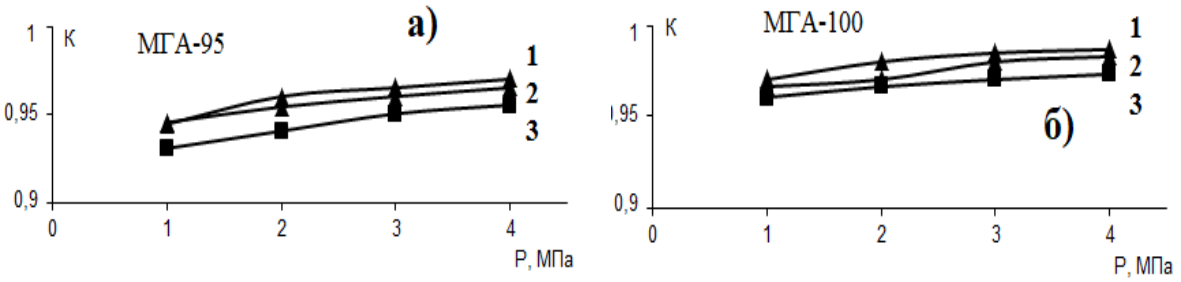


Рисунок 5. - Зависимости коэффициента задержания мембраны МГА-95 (а), МГА-100 (б) по многокомпонентному водному раствору от давления при удалении катионов: 1 – Pb(II), 2 – Cd(II), 3 – Fe(II); исходная концентрация катионов, кг/м^3: Pb - 0,22; Cd - 0,20; Fe - 0,15.

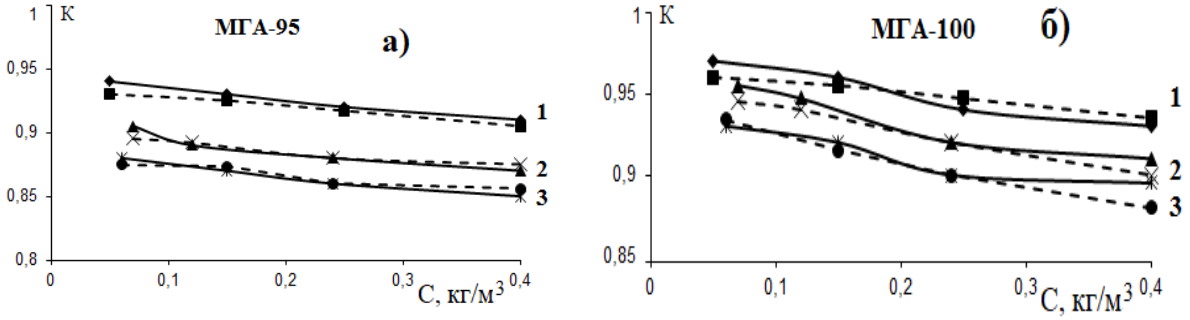


Рисунок 6. Зависимости коэффициента задержания мембраны МГА-95 (а), МГА-100 (б) при постоянном давлении *P*= 4,0 МПа и температуре T= 295 *K* от концентрации раствора: 1- Cd(II); 2 - Pb(II); 3 – Fe(II), сплошная линия – эксперимент, пунктир – расчет.

Зависимости коэффициента задержания от плотности тока при P= 4 МПа исследуемых растворов представлены на рисунках 7 - 9.

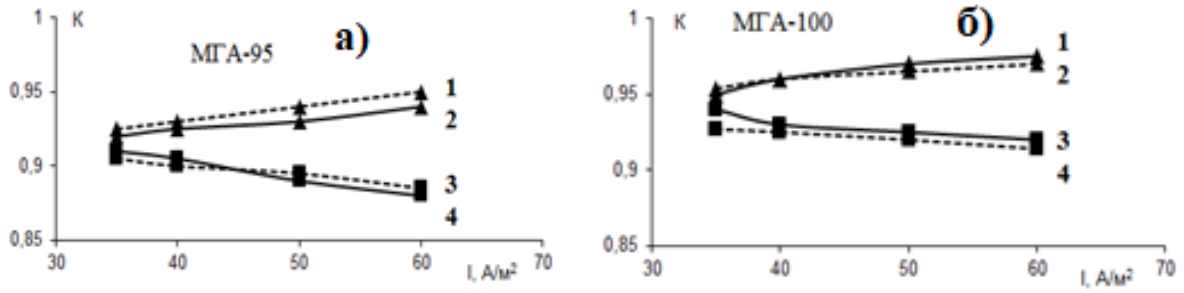
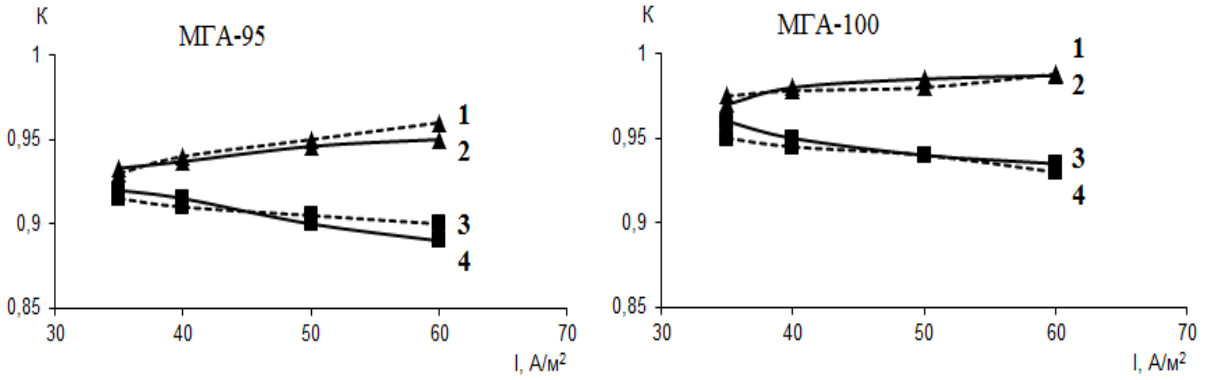
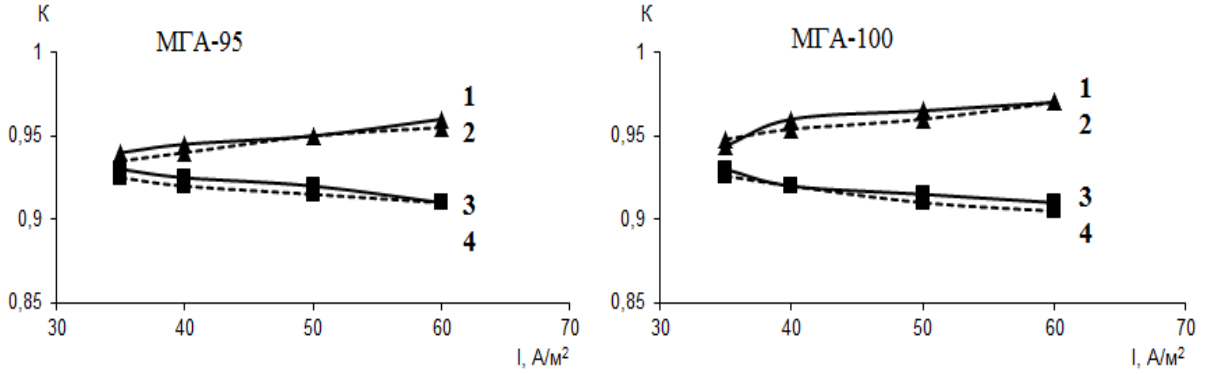


Рисунок 7. Зависимости коэффициентов задержания мембраны МГА-95 (а), МГА-100 (б) от плотности тока при P= 4 МПа катионов Pb (II) прианодной (1, 2) и прикатодной (3,4).



а) б)

Рисунок 8. - Зависимости коэффициентов задержания мембраны МГА-95 (а), МГА-100 (б) от плотности тока при P= 4 МПа катионов Cd(II) прианодной (1, 2) и прикатодной (3,4).



а) б)

Рисунок 9 - Зависимости коэффициентов задержания мембраны МГА-95 (а), МГА-100 (б) от плотности тока при P= 4 МПа катионов Fe(II) прианодной (1, 2) и прикатодной (3,4).

При анализе зависимости коэффициента задержания от градиента давления, представленных на рисунке 4, можно отметить увеличение коэффициента задержания с ростом давления. С повышением давления увеличивается усилие на активный слой мембраны, которая в результате деформации уплотняется [5].

Анализ зависимостей, представленных на рисунке 5, показал, что с ростом концентрации растворов для всех исследуемых веществ коэффициенты задержания незначительно уменьшаются, что характерно для баромембранного разделения весьма разбавленных растворов, к которым можно отнести исследуемые растворы.

Коэффициент задержания также находится в линейной зависимости от плотности тока (рисунки 6-8), однако, отмечается различное изменение коэффициентов задержания для прианодных и прианодных мембран. Это явление, видимо вызвано «блокировкой» пор прикатодных мембран за счет отвода основной группы ионов [6].

С использованием полученных экспериментальных данных для теоретического расчета коэффициента задержания с наложением электрического тока было получено выражение на основе зависимости Дерягина В.В., Чураева Н.В., Мартынова Г.А., Старова В.М., предложенной в [7]:

$$K = 1 - \frac{1}{1 + \left(\frac{1}{k_1 k_p} - 1\right)\left[1 - \exp\left(-\frac{k_2 J k_p i \eta}{D k_p i \eta}\right)\right] \exp\left(-k_3 J\right)}, \quad (1)$$

где k_1, k_2, k_3 – эмпирические коэффициенты; i – плотность тока, А/м^2; η – выход по току; D – коэффициент диффузии, м^2/с.

В таблице 1. представлены значения эмпирических коэффициентов для выражения 1.

Таблица 1. Значения эмпирических коэффициентов, использованных в расчетах по уравнению (1)

Раствор	Мембрана	k_1	k_2	k_3
Pb(II)	МГА-95 (прианодная)	0, 31	1,28	1,06
	МГА-95 (прикатодная)	0,23	1,25	1,01
	МГА-100 (прианодная)	2,32	0,51	11,42
	МГА-100 (прикатодная)	2,22	0,25	10,27
Cd(II)	МГА-95 (прианодная)	0,49	1,25	1,00
	МГА-95 (прикатодная)	0,43	1,68	1,34
	МГА-100 (прианодная)	1,82	0,38	11,20
	МГА-100 (прикатодная)	1,93	0,31	9,19
Fe(II)	МГА-95 (прианодная)	0,054	1,012	32,14
	МГА-95 (прикатодная)	0,082	1,008	27,70
	МГА-100 (прианодная)	4,12	0,24	1,08
	МГА-100 (прикатодная)	6,23	0,15	1,28

Сравнение экспериментальных и расчетных значений коэффициента задержания показало их удовлетворительное совпадение.

Заключение. В сложившихся сегодня условиях решение проблем развития российской экономики напрямую будет зависеть от эффективности работы сектора чистых технологий, связанных, в том числе, с утилизацией и вторичным использованием отходов. Развитие отходоперерабатывющих технологий на сегодняшний день невозможно без использования мембранных методов. Проведенные исследования показали высокую экологическую эффективность применения электробаромембранного процесса для удаления ионов тяжелых металлов из сточных вод агропромышленных предприятий.

Список литературы

1. Князева Л.Г., Прохоренков В.Д., Губашева А.М. Некоторые экологические аспекты межсезонного хранения аграрной техники// Наука в центральной России. 2015. № 4 (16). С. 18-32.

1. Ковалев, С.В. Классификация электробаромембранных аппаратов. / С.В. Ковалев // Вестник ТГУ. - 2015. - Т.20, Вып.1, - С.124-129.

2. Акулинчев, А.М. Исследование электробаромембранного разделения промышленных технологических растворов, содержащих ионы тяжелых металлов Pb, Ca, Fe/ А.М. Акулинчев, О.А. Абоносимов, С.И. Лазарев // Вестник ТГТУ, Тамбов, - 2017. - Т.23. - №1. – С. 120-128.

3. Влияние плотности тока на коэффициент водопроницаемости мембран МГА-90П и ESPA в растворах сульфанилата натрия. / А.С. Горбачев, К.С. Лазарев, С.В. Ковалев, С.И. Лазарев // Конденсированные среды и межфазные границы. –2012. -Т.14, - № 1.- С. 25-28.

4. Саббатовский, К.Г. Зависимость селективности обратноосмотических мембран от pH раствора/ К.Г. Саббатовский, В.Д. Соболев, Н.В. Чураев // Коллоидный журнал, – 1991. – Т.53. – С.74.

5. Влияние рабочего давления на кинетические характеристики обратноосмотического разделения промывных вод, содержащих альтакс. / К.С. Лазарев, С.В. Ковалев, Е.Ю. Кондракова, Е.С. Бакунин // Вестник ТГУ. – 2011. –Т. 19. Вып. 1. – С. 103 – 107.

6. Березина, Н. П. Модельное описание электротранспорта воды в ионообменных мембранах / Н. П. Березина, Н. П. Гнусин, О. А. Демина // Электрохимия. – 1990. – Т. 26, №9. – С.1098 – 1104.

7. Мартынов, Г.А. К теории мембранного разделения растворов. Анализ полученных решений. / Г.А. Мартынов, В.М. Старов, Н.В. Чураев // Коллоидный журнал. 1980. - Т. 42, № 4. 657-664.

References

1. Kovalev, S.V. Classification of electrobarromembrane apparatus. / S.V. Kovalev // Bulletin of TSU. - 2015. - T.20, Issue 1, - P.124-129.

2. Akulinchev, A.M. Investigation of the electrobarromembrane separation of industrial process solutions containing heavy metal ions Pb, Ca, Fe / A.M. Akulinchev, O.A. Abonosimov, S.I. Lazarev // Bulletin of TSTU, Tambov, 2017.-T.23. - №1. - P. 120-128.

3. Effect of current density on the permeability coefficient of membranes MGA-90P and ESPA in solutions of sodium sulfanilate. / Gorbachev A.S., Lazarev K.S., Kovalev, S.V., Lazarev S.I. // Condensed. Medium and interphase boundaries. -2012.-T.14, № 1.- P. 25-28.

4. Sabbatovsky, K.G. Dependence of the selectivity of reverse osmosis membranes on the pH of the solution./ K.G. Sabbatovsky, V.D. Sobolev, N.V. Churaev //Colloid Journal, 1991. - T.53. - P.74.

5. Influence of working pressure on the kinetic characteristics of reverse-osmotic separation of washing water containing altax. / K.C. Lazarev, S.V. Kovalev, E..Yu. Kondrakova, E.S. Bakunin // Bulletin of TSU. - 2011. -T. 19. Issue. 1. - P. 103-107.

6. Berezina, N.P. A Model Description of Electric Water Transport in Ion-Exchange Membranes / N.P. Berezina, N.P. Gnusin, O.A. Demina // Electrochemistry. - 1990. - T.26, №9. - P.1098-1104.

7. Martynov, G.A. To the theory of membrane separation of solutions. Analysis of the solutions obtained. /G.A. Martynov, V.M. Starov, N.V. Churaev // Colloid Journal. 1980. - T. 42, №4. -P.657-664.

УДК 636,082,451: 453

ПРЕМИКС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОРГАНИЧЕСКИХ СЕЛЕНА И ЙОДА

Краснослободцева Ангелина Сафроновна,
кандидат биологических наук, E-mail: misskrasnoslobodtzeva2012@yandex.ru
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Тамбов

Реферат. *Известно, что обеспечение населения высококачественными продуктами животноводства возможно лишь при использовании сбалансированных рационов кормления животных по комплексу питательных и биологически активных веществ, среди которых особое место занимают микроэлементы селен и йод. Изучали прирост живой массы, воспроизводительной функции при использовании премиксов в составе органических препаратов: Йоддар (йод), Йодис концентрат (йод), ДАФС-25(селен), в сравнении с их неорганическими формами. Исследования проводили на телках-аналогах перед случным и случным периодами живой массой 450-480кг в ГУППЗ «Пригородный» Тамбовского района при привязном содержании. Определяли необходимую дозу и продолжительность использования органических йода и селена в составе премикса. Исследования показали, что содержание йода и селена в рационах телок всех групп было недостаточно, так как эти микроэлементы не рекомендовано вводить в рацион в необходимом количестве из-за их токсического действия на организм, при использовании их в минеральной форме. Установили, что кормление телок до случного и случного периодов (60 суток) премиксами с органическим йодом и селеном, в составе Йоддара + ДАФС -25, Йодис-концентрата + ДАФС -25: повысило прирост живой массы на 8,8-11,5%, сократило сроки до плодотворного осеменения на 19,0 и 22,1 сутки, при этом повысилась оплодотворяемость от 1-го осеменения на 7,7% (в опытных) группах, по сравнению с контрольной.*

Ключевые слова: *рацион, премикс, селен, йод.*

PREMIX WITH USE OF ORGANIC SELENIUM AND IODINE

Krasnoslobodtseva Angelina,
PhD, E-mail: misskrasnoslobodtzeva2012@yandex.ru
FSBSI All-Russian Scientific Research Institute of Use of Machinery and Oil Products in Agriculture, Tambov

Abstract. *It is known that providing the population with high-quality livestock products is possible only with the use of balanced diets for feeding animals on a set of nutrients and biologically active substances, among which the microelements of selenium and iodine occupy a special place. Growth of live weight, reproductive function when using premixes in organic preparations: Yoddar (iodine), Iodized concentrate (iodine), DAFS-25 (selenium), in comparison with their inorganic forms, have been studied. Studies were carried out on calves analogs before the earliest and lateral periods with a live mass of 450-480kg in the GUPPZ Prigorodny of the Tambov region with attached contents. The required dose and duration of use of organic iodine and selenium in the premix were determined. Studies have shown that*

the content of iodine and selenium in the diet of heifers of all groups was not enough, since these microelements are not recommended to enter the diet in the required amount because of their toxic effect on the body, when used in mineral form. It was established that the feeding of heifers to pre-natal and mating periods (60 days) by premixes with organic iodine and selenium, in the composition of Yoddar + DAFS-25, Iodis concentrate + DAFS -25: increased the weight gain by 8.8-11.5% , reduced the time to fruitful insemination by 19.0 and 22.1 days, while the increase in opacity from 1st insemination by 7.7% (in the experimental) groups, compared with the control group.

Keywords: *diet premix, selenium, iodine.*

Введение. Одной из главных задач современного молочного скотоводства является повышение молочной и репродуктивной функции коров и получение физиологически зрелого приплода. В стадах с высокой молочной продуктивностью более значимыми остаются вопросы совершенствования рационов кормления с участием в их составе высокоэффективных премиксов. Недостаток йода и селена в почвах в Тамбовской области требует создания нетоксичных йодистых и селено-содержащих органических препаратов.

Селен, крайне необходимый для роста, развития и жизнедеятельности животных, в неорганической форме является высокотоксичным элементом, поэтому его невозможно использовать в кормлении животным в необходимом количестве при сбалансировании рационов. Авторы рекомендуют 0,3 мг/кг сухого вещества [1]. Максимально безопасным уровнем селена для крупного рогатого скота считают 3-5 мг/кг сухого вещества корма. При наличии в рационе молочных коров 0,6 мг йода на 1кг сухого вещества корма у животных уже могут развиваться признаки йодной недостаточности [1,2]. Для поддержания в норме процессов обмена веществ, регулируемых гормоном тироксином, молочные коровы должны получать 0,8-2мг йода на 1кг сухого вещества корма [2,4]. Йод и селен, зависимые между собой через щитовидную железу, в организм должны поступать постоянно и в необходимом количестве. Щитовидная железа продуцирует гормоны: тироксин, трийодтиронин, для синтеза которых нужен йод и в меньшей степени селен [2]. Для нормального функционирования ферментов нужно, чтобы уровень селена в крови у коров и телок был минимум 100 мкг /на литр крови [2,3,5], йода в щитовидной железе – 110 мкг % [1,2]. Доказано, что добавка в корм животных селена и йода или одного йода достоверно увеличивает концентрацию йода в тканях и аккумулирование селена почками [2,]. При нехватке в рационе йода у коров отсутствует овуляция и, следовательно, возможность оплодотворения [2,4]. Кормовая добавка «Йоддар» используется для обогащения рационов сельскохозяйственных животных и птицы йодом. Действующие вещества – йодированные аминокислоты (Йодтирозины) содержатся в составе пищевых белков, а также вспомогательные компоненты: лактоза, крахмал картофельный и стереарат кальция. В органическом препарате «Йодис-концентрат» биологически активный йод (БАЙ) максимально приближен к природным соединениям этого микроэлемента и обладает одними и теми же свойствами. Новый селен-содержащий препарат «ДАФС-25» (1,5дифенил-3 селенапентадион – 1,5) можно использовать как в рационах животных, так и в иньекционной форме [4].

Задачей научно-исследовательской работы явилось изучение влияния премиксов, содержащих БАЙ и селен, на прирост живой массы и воспроизводительную функцию телок до случного и случного возраста.

Материалы и методы исследований и их обсуждение.

В работе изучали три премикса: № 1, № 2, № 3, их состав показан в таблице 1. Научно-исследовательская работа проводилась на телках-аналогах перед и случным периодами живой массой 450-480кг в ГУППЗ «Пригородный» Тамбовского района при привязном содержании.

Таблица 1- Содержание минеральных элементов и витаминов в 1кг ПКК К4

Содержание микроэлементов и витаминов в премиксах, г (действующее в-во)		Форма микроэлементов и витаминов в премиксах	В премиксе, г		
			№1	№2	№3
			Йодистый калий +натрий селенистокислый (йод- 3г, селен - 0,2г)	Йоддар (200г)+ ДАФС-25 (0,8г)	Йодис-концентрат (120г) + ДАФС-25 (0,8г)
марганец	8,0	сернокислый Mn	36,36	36,36	36,36
цинк	16,0	сернокислый Zn	71,43	71,43	71,43
медь	10,0	сернокислая Cu	42,37	42,37	42,37
кобальт	3,0	сернокислый Co	14,50	14,50	14,50
йод	3,0	йодистый К	3,98	-	-
селен	0,2	селенистокислый Na	1,4	-	-
йод	0,0066	Йоддар (по инструкции)	-	200	-
йод	3,0	Йодис-концентрат	-	-	120
селен	0,2	ДАФС-25	-	0,8	0,8
витамины					
А, млн МЕ	160	Микровит А промикс1000	16	16	16
D_3, млн. МЕ	40	Микровит D_3 промикс 500	8	8	8
Е, г	20	Микровит Е промикс 50	4	4	4
		Антиоксидант Окси-Нил RX Плюс	500	500	500
			Наполнитель: пшеничные отруби		

Для изучения действия органических препаратов: Йоддар, Йодис-концентрат и ДАФС-25, в сравнении с неорганическими формами йода и селена, были разработаны премиксы № 2 и № 3. За основу которых был использован концентрированный минеральный комплекс «Кладезь» (ТУ9296-002-46484954-97) ПКК К4 для молодняка крупного рогатого скота от 19 до 22 месяцев, для кормления в стойловый период (таблица 1). В состав премикса №1 для контрольной группы были включены йодистый калий и селенистокислый натрий. В премиксе №2 для первой опытной группы использовали: Йоддар и ДАФС-25. Йоддар присутствовал в премиксе по инструкции – 200г/10кг наполнителя (пшеничных отрубей), или 100г/1000кг зерносмеси. В премиксе № 3 использовали органические формы йода и селена в составе Йодис-концентрата и ДАФС-25, соответственно. Дозы йода (Йодис-концентрата) и селена (ДАФС- 25) были равноценны контрольной группе по количеству биологически активных микроэлементов йода и селена. Премиксы использовали в рационах по схеме опыта (таблица 2).

Таблица 2 - Схема опыта

Группа(n=13)	Условия применения (60 суток перед случным периодом)
Контрольная (премикс №1-10г)	Хозяйственный рацион + йодистый калий, (йод -3мг), натрий селенистокислый, (селен - 0,2мг)
Опытная, первая (премикс №2-10г)	Хозяйственный рацион + Йоддар, (йод -0,0066мг), ДАФС-25 (селен – 0,2мг)
Опытная, вторая (премикс №3-10г)	Хозяйственный рацион + Йодис-концентрат, (йод-3мг), ДАФС-25 (селен – 0,2мг)

Рацион обогащали премиксами №1, №2, №3 соответственно: 1кг комплекса «Кладезь» размешивали в 10 кг пшеничных отрубей. Ввод 5кг – премикса на 1000кг зерновой смеси, обеспечивал создание комбикорма. В рационе контрольной и 3-ей опытной групп на 1кг сухого вещества приходится 0,48 мг йода, а в 1-ой опытной группе – 0,17мг. Разное количество йода в рационах связано с тем, что разработчики препарата Йоддар не рекомендуют вводить его более 100 г на 1000 кг зерновой смеси, так как йод в этом препарате очень активный – в форме йодированных аминокислот (йодтирозинов), которые находятся в составе пищевых белков. Йод в Йоддаре по своей активности был равноценен органическому йоду в Йодис-концентрате. Селена содержится по 0,19 мг в рационах всех групп. Исследования показали, что содержание йода и селена в рационах телок всех групп было недостаточно, так как эти микроэлементы не рекомендовано вводить в рацион в необходимом количестве из-за их токсического действия на организм, при использовании их в минеральной форме. В условиях данного опыта минеральные формы этих элементов были введены в рацион в составе витаминно-минерального комплекса «Кладезь» (ТУ9296-002-46484954-97) в контрольную группу. Скармливание телкам премиксов №2 и №3 оказало положительное влияние на среднесуточный прирост их живой массы (таблица 3**).**

Таблица 3 - Продуктивность животных подопытных групп

Показатели	Группы		
	контрольная	опытные	
	Неорганическая форма	Органическая форма	
	Премикс №1	Премикс №2	Премикс №3
Средняя живая масса, кг: в начале опыта	331,462±4,3	335,690±4,2	331,538±4,03
за 1 месяц	354,077±4,96	360,462±4,86	356,231±3,47
за 2 месяц	378,846±4,58	387,692±5,03	385,077±3,26
Прирост живой массы, кг: за весь период	47,384	52,002	53,539
Среднесуточный прирост, г за 1 месяц	754±51,10	826±48,31	823±40,90
за 2 месяц	826±49,96	908±23,4	962±24,11
за весь период	790±33,62	867±25,11	892,5±28,5
% к контролю		8,8	11,5
Затраты корма на единицу прироста, кг:			
корм. ед	9,75	8,88	8,62
ЭКЕ	10,51	9,57	9,30
% к контролю по ЭКЕ		8,94	11,51

Среднесуточный прирост за период опыта (60 суток) в 1-ой и 2-ой опытных группах в % к контрольной был выше на 8,8 и 11,5 (Р > 0,05 и Р < 0,05). Затраты корма на единицу прироста во второй опытной группе составляли 8,62 кормовых единиц, 9,30 ЭКЕ, в первой опытной группе 8,88 и 9,57 соответственно против 9,75 и 10,51 к контрольной группе. Лучшие результаты по продуктивности у телок были во второй опытной группе, где использовали в премиксе органический Йодис-концентрат и ДАФС-25. Введение органических селен- и йод- содержащих премиксов в рацион телок позволило усилить метаболические процессы в организме и улучшить усвоение кормов. Скармливание животным премикса с неорганическими формами микроэлементов и премикса с органическими йодом и селеном в опытных группах оказало положительное влияние на воспроизводительную функцию телок. За исследуемый период у всех животных контрольной и опытной групп были выявлены признаки охоты (таблица 4).

Таблица 4 - Влияние неорганической и органической форм селена и йода на воспроизводительную функцию телок случного возраста

Периоды	Группы		
	контрольная	опытные	
	Неорганическая форма	Органическая форма	
	Премикс №1	Премикс №2	Премикс №3
от конца кормления:			
до 1-ой выраженной охоты, суток	50,4±6,00	32,4±2,18	31,5±2,43
до плодотворного осеменения, суток	54,7±5,88	35,7±3,10	32,6±2,20
оплодотворяемость:%:			
от 1-го осеменения	84,6	92,3	92,3
от 2-го осеменения	15,4	7,7	7,7
за учетный период	100	100	100

Из таблицы № 4 следует, что у телок 1-ой и 2-ой опытных групп сократилось время от конца кормления до первой выраженной охоты на 18 и 18,9 суток (Р < 0,01) и до плодотворного осеменения на 19,0 и 22,1 суток (Р < 0,01) по сравнению с контрольной группой. Ректальные исследования животных показали, что от первого и второго осеменения во всех трех группах телки случного возраста стали стельными.

Выводы. Разработан рецепт премикса для тёлок до случного и случного периодов (60 суток), где в состав его включены йод и селен в органической форме. Разработанный рецепт оказал положительное влияние на воспроизводительную функцию животных: сократились сроки до плодотворного осеменения на 19,0 и 22,1 сутки, и прирост живой массы на 8,8-11,5% по сравнению с животными, (которым скармливали в составе премикса неорганические селен и йод) контрольной группой.

Список литературы

1. Легошин Г.П., Дзюба Н.Ф. и др. Влияние селен содержащей добавки Сел-Плекс на эффективность откорма и мясную продуктивность черно-пестрых бычков.// Зоотехния.-2008.-№11.

2. Жукова Г.Ф., Савчик С.А. Хотимченко. Йод, свойства и распространение в окружающей среде. Биологические свойства йода. // Микроэлементы в медицине. М.2004. Т.5.- выпуск 1,- С.1-15.

3. Краснослободцева А.С. Влияние селен содержащего препарата ДАФС-25 на организм крупного рогатого скота.// Вестник ТГУ им. Г.Р. Державина, 2009, выпуск 1, С.127-129.

4. Краснослободцева А.С. Апробация системы кормления высокопродуктивных коров с использованием селен и йод содержащих препаратов органической формы// Вестник ТГУ им. Г.Р. Державина, 2010, выпуск 1, С.135-138.

5. Краснослободцева А.С. Эффективность применения селен содержащих препаратов в рационах нетелей// Вестник ТГУ им. Г.Р. Державина, 2010, выпуск 1, С. 140-142.

References

1. Legoshin G.P., Dzjuba N.F. i dr. Vlijanie selen soderzhashhej dobavki Sel-Pleks na jeffektivnost' otkorma i mjasnuju produktivnost' cherno-pestryh bychkov.// Zootehnija.- 2008.-№11.

2. Zhukova G.F., Savchik S.A. Hotimchenko. Jod, svojstva i rasprostranenie v okruzhajushhej srede. Biologicheskie svojstva joda. // Mikrojelementy v medicine. M.2004. T.5.- vypusk 1,- S.1-15.

3. Krasnoslobodceva A.S. Vlijanie selen soderzhashhego preparata DAFS-25 na organizm krupnogo rogatogo skota.// Vestnik TGU im. G.R. Derzhavina, 2009, vypusk 1, S.127-129.

4. Krasnoslobodceva A.S. Aprobacija sistemy kormlenija vysokoproduktivnyh korov s ispol'zovaniem selen i jod soderzhashhih preparatov organicheskoj formy.// Vestnik TGU im. G.R. Derzhavina, 2010, vypusk 1, S.135-138.

5. Krasnoslobodceva A.S. Jeffektivnost' primenenija selen soderzhashhih preparatov v racionah netelej.// .// Vestnik TGU im. G.R. Derzhavina, 2010, vypusk 1, S. 140-142.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Отпечатано ООО «Максимал информационные технологии»
398007, г. Липецк, ул. Ушинского, 8
Email: naukacr@yandex.ru. Тел. +7 (920) 246-20-64:
Подписано в печать 25.10.2017 Заказ № 60513-01
Формат 60x84/8. Бумага офсетная. Печать электрографическая.
Гарнитура Times. Объем – 13,49 усл. печ. л. Тираж 100 экз.