«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
№6 (24), 2016 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
КУШНАРЕВ АРТУР СЕРГЕЕВИЧ — доктор технических наук, профессор, член-корреспондент УААН, заслуженный работник народного образования, заведующий кафедрой теоретической механики и теории машин и механизмов Таврического государственного агротехнологического университета, Украина
ЛАРЮШИН Николай Петрович — доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заслуженный работник сельского хозяйства, профессор кафедры ФГБОУ ВО «Пензенская ГСХА»
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 – СПАИСХ", 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.
№ 6 (24) 12.12.2016, Тираж - 100 экз. Свободная цена
Адрес редакции и издателя: **392022, г. Тамбов, пер. Ново-Рубежный, 28, к. 21,** тел. 8(4752)440-241; e-mail: naukacr@yandex.ru
Отпечатано в типографии ООО «Максимал информационные технологии» 398017, г. Липецк, ул. Ушинского, 8
СМИ зарегистрировано в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) ПИ № ФС77-51695 от 07.12.2012 г.
Технический редактор: Левина Эмма Владимировна**, тел. +7 (920) 246-20-64**
Зав. отделом по развитию: Левин Максим Юрьевич**, тел. +7 (920) 240-71-96**

© «Наука в центральной России», 2016

«НАУКА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ» **«SCIENCE IN THE CENTRAL RUSSIA»**
Научно-производственный периодический журнал The research-and-production periodic magazine
№6 (24), 2016 г.

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

Учредитель и издатель журнала:
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве
(ФГБНУ ВНИИТИН)

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

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», 2016

Оглавление

КУВАЙЦЕВ В. Н., **ЛАРЮШИН Н. П.**, **МАМОНОВ А. В.**, **ШУКОВ А. В.**, **АНТОНОВ А. В.** ПОЛЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СЕЯЛКИ С РЫЧАЖНО-КУЛАЧКОВЫМ ВАРИАТОРОМ ПРИВОДА ВЫСЕВАЮЩИХ АППАРАТОВ 5
KUVAYTSEV V.N, LARYUSHIN N.P., **MAMONOV A.**, **SHUKOV A.V**, **ANTONOV A. V.** FIELD RESEARCHES OF THE SEEDER WITH THE LEVER AND CAM VARIATOR OF THE DRIVE OF THE SOWING DEVICES 6
ГОРШЕНИН В. И., АБРОСИМОВ А. Г., СОЛОВЬЁВ С. В., ДРОБЫШЕВ И. А. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОЧИХ ОРГАНОВ МАШИН ДЛЯ УБОРКИ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ 11
GORSHENIN V. I., ABROSIMOV A. G., SOLOVIEV S. V., DROBYSHEV I. A. IMPROVEMENT OF WORKING BODIES OF MACHINES FOR HARVESTING SUGAR BEET 12
ДРОБЫШЕВ И. А., АЛЕХИН А. В., ДРОБЫШЕВ С. И. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ ДЛЯ ОТДЕЛЕНИЯ ОТВОДКОВ КЛОНОВЫХ ПОДВОЕВ 19
DROBYSHEV I. A., ALEKHIN A., V., DROBYSHEV S. I. IMPROVEMENT OF MEANS OF MECHANIZATION FOR SEPARATING THE CUTTINGS OF CLONAL ROOT STOCKS 19
КАМБУЛОВ С. И., РЫКОВ В. Б., **КОЛЕСНИК В. В., ДЁМИНА Е. Б.**, **РИДНЫЙ С. Д.** СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОПРЫСКИВАНИЯ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ЮГА РОССИИ 25
KAMBULOV S. I., RYKOV V. B., **KOLESNIK V. V.**, **DEMINA E.B.**, **RIDNYI S. D.** PERFECTION OF TECHNOLOGY AND MEANS OF SPRAYING THE FIELD CROPS IN SOUTHERN RUSSIA 26
ЛИ Р. И., МИРОНЕНКО А. В. ПАРАМЕТРЫ КОНТАКТА В РОЛИКОПОДШИПНИКЕ ВОССТАНОВЛЕННОМ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ПОЛИМЕР-ПОЛИМЕРНОЙ КОМПОЗИЦИЕЙ 30
LI R.. I.,MIRONENKO A. V. CONTACT PARAMETERS IN ROLLER BEARING RESTORED BY PERSPECTIVE POLYMER-POLYMER COMPOSITION 31
РЫКОВ В. Б., КАМБУЛОВ С. И., **КАМБУЛОВ И. А.**, **КОЛЕСНИК В. В.**, **ДЁМИНА Е. Б.**, **РИДНЫЙ С. Д.** ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ ТОКСИЧНОСТИ ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ 36
RYKOV V. B., KAMBULOV S. I., KAMBULOV I. A., **KOLESNIK V. V.**, **DEMINA E. B.**, **RIDNYI S. D.** INFLUENCE OF CULTIVATION TECHNOLOGIES ON THE PERFORMANCE OF WINTER WHEAT TOXICITY 37
БРУСЕНКОВ А.В., КАПУСТИН В. П. ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ 42
BRUSENKOV A.I., KAPUSTIN V. P. JUSTIFICATION OF CONSTRUCTIVE PARAMETERS OF TUBER CROP SHREDDER 43
ЖАЧКИН С. Ю., НЕЛЫСОВ С. В. ПОВЫШЕНИЕ МИКРОТВЕРДОСТИ ДИСПЕРСНО-УПРОЧНЕННЫХ КОМПОЗИТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА 49

ZHACHKIN S. Yu., NELYSOV S. V. INCREASING MICROHARDNESS DISPERSION-STRENGTHENED COMPOSITE COATINGS BASED ON IRON.....50
ПЛАТИЦИН П. С., РОДИОНОВ Ю. В., **КАПУСТИН В. П.**, **НИКИТИН Д. В.**
ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ТЕХНОЛОГИИ ВАКУУМНОГО ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ СУХИХ СЫПУЧИХ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ В РЕЖИМЕ СПЛОШНОГО СЛОЯ.....54
PLATITSIN, P.S., RODIONOV, Yu.V., KAPUSTIN, V.P., NIKITIN, D.V.
SPECIAL ASPECTS OF CALCULATION OF TECHNOLOGY OF VACUUM TRANSPORTATION OF VEGETABLE BULK MATERIALS IN THE CONTINUOUS LAYER REGIME 55
ФАДЕЕВ Д. Г., ГАЛКИН А. В., ФАДЕЕВ В. Г. ВЛИЯНИЕ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ОЧЕСЫВАЮЩЕГО БАРАБАНА ЛЬНОКОМБАЙНА НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА НА ВЫХОДЕ ВОРОХА ИЗ КАМЕРЫ ОЧЕСА.....65
FADEEV D. G., GALKIN A. V., FADEEV V. G. INFLUENCE OF THE ROTATING SPEED OF DESEEDING DRUM OF FLAX HARVESTER ON VARIABILITY OF THE AIR FLOW AT THE OUTPUT OF THE DECAPSULATION BOX.....66
ОСТРИКОВ В.В., КРУГОВ В.Ф., ВЯЗИНКИН В.С., САЗОНОВ С.Н. ПРОМЫВОЧНОЕ МАСЛО НА БАЗЕ ОТРАБОТАННЫХ МОТОРНЫХ МАСЕЛ……..……..……72
OSTRIKOV V. V., KRUGOV V.F., VYAZINKIN V. S. SAZONOV S. N. FLUSHING OIL BASED ON USED MOTOR OIL……...…73
ЛАЗАРЕВ С.И., КОВАЛЕВА О.А., ЛАВРЕНЧЕНКО А.А., НАСОНОВ А.А., СТРЕЛЬНИКОВ А.Е. СОРБЦИОННО – ДИФФУЗИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОУЛЬТРАФИЛЬТРАЦИОННОГО РАЗДЕЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАСТВОРОВ БИОХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ……77
LAZAREV S.I., KOVALEVA O.A., LAVRENCHENKO A.A., NASONOV A.A., STREL'NIKOV A.Y. SORPTION - DIFFUSION CHARACTERISTICS ELEKTRO ULTRAFILTRATION SEPARATION PROCESS SOLUTIONS OF BIOCHEMICAL PRODUCTION……78

УДК 631.303

ПОЛЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СЕЯЛКИ С РЫЧАЖНО-КУЛАЧКОВЫМ ВАРИАТОРОМ ПРИВОДА ВЫСЕВАЮЩИХ АППАРАТОВ

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

Реферат. *Проведены исследования конструктивно-режимных параметров работы рычажно-кулачкового вариатора в полевых условиях. Разработана экспериментальная сеялка с рычажно-кулачковым вариатором привода высевающих аппаратов, методика проведения исследований. Проанализированы результаты полевых исследований экспериментальной сеялки с рычажно-кулачковым вариатором привода высевающих аппаратов. Получены экспериментальные зависимости величины показателя отклонения от заданной нормы высева и от передаточного отношения рычажно-кулачкового вариатора, зависимости величины показателя отклонения от заданной нормы высева и хода кулачка, зависимости между величиной показателя отклонения от заданной нормы высева и от радиуса кулисы. Полевые испытания проводились в сравнении базовой сеялки СЗ-5,4 с экспериментальной сеялкой, оснащенной новым рычажно-кулачковым вариатором привода высевающих аппаратов. Установлено, что экспериментальная сеялка с рычажно-кулачковым вариатором привода высевающих аппаратов устойчиво выполняет процесс посева семян льна при соблюдении агротехнических требований. Приведены графические зависимости между величиной показателя отклонения от заданной нормы высева и от передаточного отношения рычажно-кулачкового вариатора, которые показывают соответствие выбранного передаточного отношения. Представлены графические зависимости между величиной показателя отклонения от заданной нормы высева и хода кулачка, по которым определяется оптимальный ход кулачка в соответствии с заданной нормой высева. По графической зависимости между величиной показателя отклонением от заданной нормы высева и от радиуса кулисы определяется радиус кулисы в зависимости от заданной нормы высева. Показано, что экспериментальная сеялка устойчиво выполняет технологический процесс посева семян льна в диапазоне скоростей до 9 км/ч. Отклонение от фактической нормы высева у сеялки СЗ-5,4 составило 3%, а у экспериментальной – не более 1%, что соответствует агротехническим требованиям к посевным машинам.*

Ключевые слова: *рычажно-кулачковый вариатор, сеялка, семена льна.*

FIELD RESEARCHES OF THE SEEDER WITH THE LEVER AND CAM VARIATOR OF THE DRIVE OF THE SOWING DEVICES

Kuvaytsev Victor,
Cand. Sci. (Tech.), "Mechanization of technological processes in agrarian and industrial complex" FGBOOU WAUGH Penza GSHA E-mail: sha_penza@mail.ru
Laryushin Nikolay
Dr. Sci. (Tech.), Prof. of "Mechanization of Technological Processes in Agrarian and Industrial Complex" department FGBOOU WAUGH Penza GSHA E-mail: sha_penza@mail.ru
Mamonov Alexander
Graduate student of "Mechanization of Technological Processes in Agrarian and Industrial Complex" department FGBOOU WAUGH Penza GSHA E-mail: sha_penza@mail.ru
Shukov Alexander
Cand. Sci. (Tech.), Assoc. Prof. of "Basis of designing of mechanisms and cars" FGBOOU WAUGH Penza GSHA E-mail: sha_penza@mail.ru
Antonov Anton
Cand. Sci. (Tech.),E-mail: sha_penza@mail.ru

Abstract. *Studies of structurally-regime parameters of work of cam-and-lever variator are carried out in the field terms. Experimental seeder is designed with cam-and-lever variator of drive of seedmeters, methodology of realization of researches. The results of the field researches of experimental seeder are analyzed with cam-and-lever variator of drive of seedmeters. Experimental dependences of size of index of rejection are got on the set norm of sowing and from the transmission relation of cam-and-lever variator, dependence of size of index of deviation from the set norm of sowing and motion of fist, dependences between by the size of index of deviation from the set norm of sowing and from the radius of side scene. The field tests were conducted in comparing of base seeder of СЗ-5,4 to experimental seeder, equipped by new cam-and-lever variator of drive of seedmeters. It is set that experimental seeder with cam-and-lever variator of drive of seedmeters steadily executes the process of sowing of seed of flax at the observance of agrotechnical requirements. Graphic dependences over are brought between by the size of index of deviation from the set norm of sowing and from the transmission relation of cam-and-lever variator, that show accordance of the chosen transmission relation. Graphic dependences are presented between by the size of index of deviation from the set norm of sowing and motion of fist, on that optimal motion of fist is determined in accordance with the set norm of sowing. On graphic dependence between by the size of index by deviation from the set norm of sowing and from the radius of side scene the radius of side scene is determined depending on the set norm of sowing. It is shown that experimental seeder steadily executes the technological process of sowing of seed of flax in the range of speeds to 9 km/h. Deviation from the actual norm of sowing at seeder of СЗ- 5,4 was 3%%, and at experimental - no more than 1%%, that conforms to the agrotechnical requirements to the sowing machines.*

Keywords: *lever and cam variator, seeder, flax seeds.*

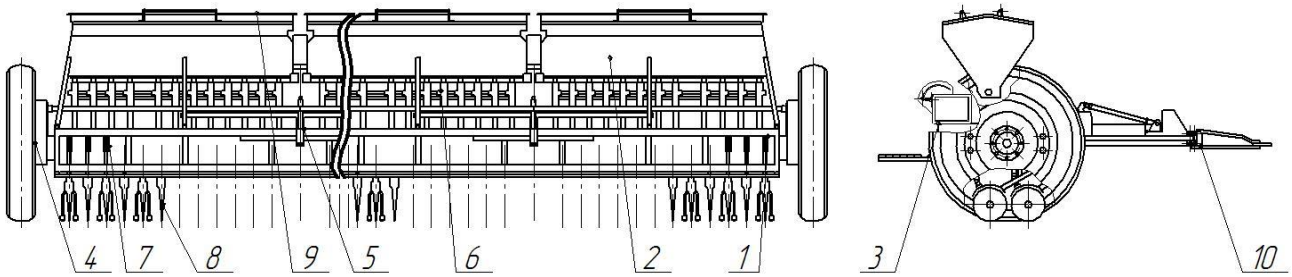
Введение. Актуальной задачей для сельхозпроизводителей является получение высоких урожаев с одновременным снижением затрат на производство продукции. Для этого нужна эффективная сельскохозяйственная техника, в частности для высева семян [1]. В связи с этим

при производстве сельскохозяйственных культур, является актуальной разработка привода высевающих аппаратов сеялок с помощью рычажно-кулачкового вариатора, позволяющая повысить равномерность распределения семян в рядке, обеспечить уменьшение отклонения от заданной нормы высева и повысить урожайность возделываемой культуры [2-5].

Цель исследования – проверка результатов исследований конструктивно-режимных параметров работы рычажно-кулачкового вариатора в полевых условиях.

Материалы и методы. В работе использованы методы получения аналитических зависимостей для оценки работы рычажно-кулачкового вариатора.

Результаты и обсуждение. Для решения поставленной задачи в Пензенской ГСХА была изготовлена экспериментальная сеялка на базе СЗ-5,4 с приводом высевающих аппаратов от рычажно-кулачкового вариатора (рисунок 1). Сеялка имеет сварную раму, состоящую из переднего и заднего брусьев. Передача вращения на высевающие аппараты осуществляется от опорно-приводных колес. Высевающие аппараты приводятся во вращение цепной передачей от рычажно-кулачкового вариатора. Норма высева регулируется изменением передаточного отношения рычажно-кулачкового вариатора. Для обеспечения прямолинейности движения посевного агрегата и выдерживания одинаковых размеров стыковых междурядий сеялка оснащена двумя маркерами.



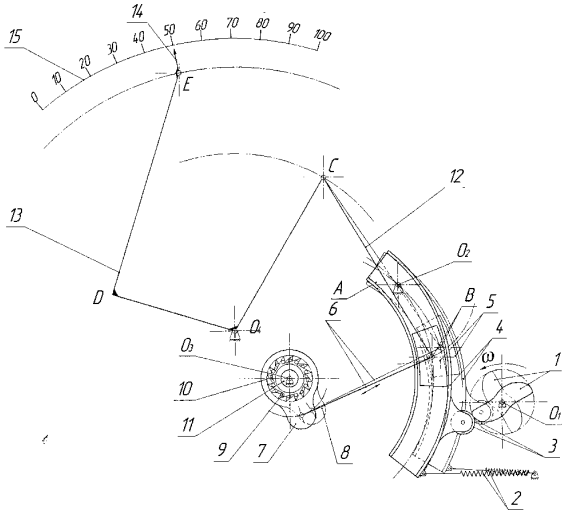
1 – диски; 2 – бункер; 3 – рычажно-кулачковый вариатор; 4 – колесо опорно-приводное; 5 – вал привода высевающих аппаратов; 6 – семяпроводы; 7 -пружина; 8 – загортачи; 9 – крышка бункера; 10 – прицепное устройство

Рисунок 1 – Схема экспериментальной сеялки СЗ-5,4М с приводом высевающих аппаратов от рычажно-кулачкового вариатора

Разработанный рычажно-кулачковый вариатор (заявка на патент № 2015111593/11018053)) состоит из двух двухзвенных кулачков (рисунок 2), возвратных пружин, роликов, рычагов, ползунов, тяги, обойм, муфт, вала 11, тяг, регулятора, стрелки-указателя, шкалы.

Рычажно-кулачковый вариатор работает следующим образом: вращение двухзвенных кулачков 1 через ролики 3 преобразуется в качательное движение рычагов 4, которое передается тягами 6 на обоймы 7 и 8, сообщая им так же качательные движения, и посредством обгонных муфт *9* и *10,* качательное движение обойм 7 и *8,* преобразуется в непрерывное вращательное движение выходного вала *11,* при этом силовое замыкание двухзвенных кулачков *1* и роликов *3* осуществляется пружинами *2.* Бесступенчатое регулирование передаточного отношения вариатора осуществляется в соответствии с заданным режимом работы механизма, изменением величины плеча 0_2B колебания рычагов *4* относительно неподвижной оси 0_2, при перемещении ползуна 5 в круговой прорези *A* рычага *4* за счет воздействия регулятора *13* на тягу *12.* При совмещении центра *B* ползуна *5* и неподвижной оси 0_2 плечо 0_2B равно нулю, при этом тяги *6* не получают колебаний от рычага *4,* а обоймы 7 и *8* остаются неподвижными, выходной вал *11* также остается неподвижен, при этом вариатор выключен. Вы-

ходной вал *11* блокируется от обратного хода, так как в этом режиме обоймы 7 и *8* заперты муфтами обратного хода. Бесступенчатое регулирование передаточного отношения вариатора и выключение вариатора осуществляется как при включенном, так и при выключенном положении ведущего звена. Положение оси O_4 определяется конструктивными соображениями и кинематическими возможностями данной схемы.



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

Рисунок 2 – Схема рычажно-кулачкового вариатора

Методика исследований. Полевые испытания сеялки на посеве льна, с приводом высевающих аппаратов от рычажно-кулачкового вариатора проводились на полях ООО Агрофирма Биокор-С в 2015-16 годах, согласно отраслевому стандарту ОСТ 10.5.1-2000 «Испытания сельскохозяйственной техники. Машины посевные. Методы оценки функциональных показателей» [6-9], с целью обоснования возможности применения рычажно-кулачкового вариатора привода высевающих аппаратов, а так же уточнения его конструктивных и режимных параметров в полевых условиях. В качестве семенного материала использовались семена льна сорта «Северный» с нормой высева 56 кг/га.

Для посева был выбран ровный однородный участок, на котором в 3-х местах в дни проведения опытов на глубине 0-5, 5-10 и 10-15 см определялись влажность почвы и ее твердость общепринятыми способами. Установлено, что средняя влажность в слое 0...5 см составляла 14,1 %, в слое 5...10 см – 22,9 %, а в слое 10...15 см – 24,3 %. При этом средняя твёрдость почвы в тех же слоях составляла 0,19, 0,48 и 0,94 МПа соответственно.

Почва была подготовлена под посев по сложившейся в хозяйстве технологии: после боронования и шлейфования была проведена комбинированная операция по внесению почвенных гербицидов и предпосевной обработке культиватором с прутковыми каточками. Глубина обработки почвы была принята равной глубине заделки семян. Почва на участке - среднесуглинистый чернозем.

Для сравнения, экспериментальной сеялки СЗ – 5,4М на опытном участке проводили посев сеялкой серийного производства СЗ – 5,4, тем же семенным материалом.

При определении оптимального значения передаточного отношения рычажно-кулачкового вариатора, ход кулачка, радиус кулисы оставались постоянными, равными оптимальным значениям, полученными в результате ранее проведенных лабораторных исследований.

Результаты исследований. По результатам обработки полученных данных, строили графики зависимостей отклонение от заданной нормы высева от передаточного отношения рычажно-кулачкового вариатора, хода кулачка, радиуса кулисы [8]. Корреляционная связь между величиной отклонение от заданной нормы высева и от передаточного отношения рычажно-кулачкового вариатора выражается уравнением параболической функции:

$$y = 0{,}6886x^2 - 3{,}3414x + 4{,}861 \quad (1)$$

При этом индекс корреляции $R^2 = 0{,}9693$.

По полученным данным и уравнению (1) построен график зависимости между величиной показателя отклонения от заданной нормы высева и от передаточного отношения рычажно-кулачкового вариатора (рисунок 3). Как показывают приведенные данные, при передаточном отношении 1,8…2,8 отклонение от заданной нормы высева составит менее 1 %. Корреляционная связь между отклонением от заданной нормы высева и хода кулачка выражается уравнением параболической функции:

$$y = 0{,}0158x^2 - 1{,}4185x + 32{,}603 \quad (2)$$

при этом индекс корреляции $R^2 = 0{,}96$.

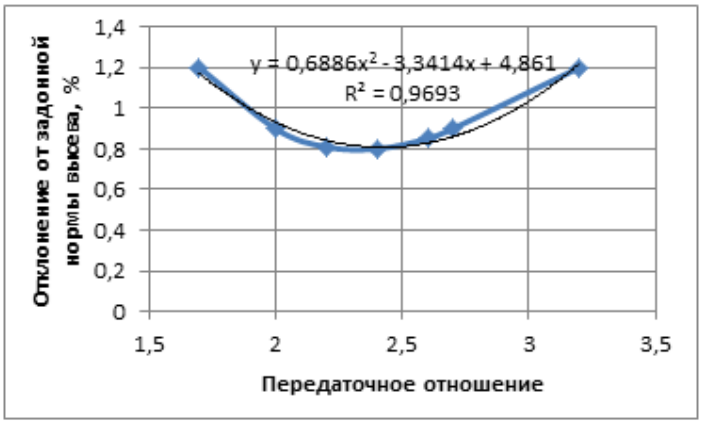


Рисунок 3 – Зависимость между величиной показателя отклонение от заданной нормы высева и от передаточного отношения рычажно-кулачкового вариатора

По полученным данным и уравнению (2) построен график зависимости между величиной показателя отклонения от заданной нормы высева и хода кулачка (рисунок 4). Как показывают приведенные данные, при ходе кулачка 45 мм отклонения от заданной нормы высева меньше 1 %.

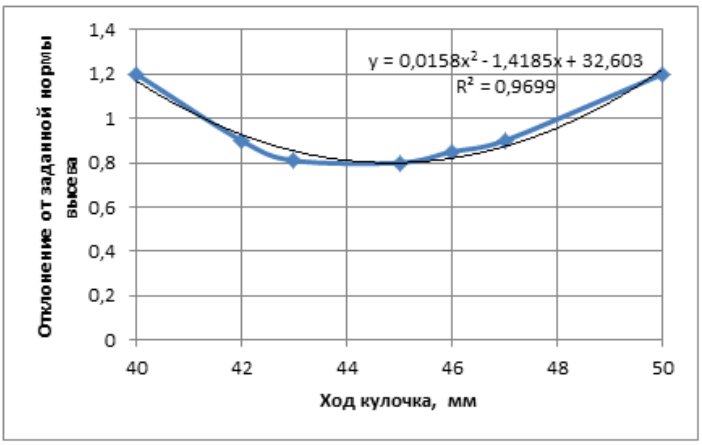


Рисунок 4 – Зависимость между величиной показателя отклонения от заданной нормы высева и хода кулачка

Корреляционная связь между отклонением от заданной нормы высева и от радиуса кулисы выражается уравнением параболической функции:

$$y = 0{,}0038x^2 - 1{,}1469x + 86{,}816 \quad (3)$$

при этом индекс корреляции $R^2 = 0{,}98$.

По полученным данным и уравнению (4) построен график зависимости между величиной показателя отклонением от заданной нормы высева и от радиуса кулисы (рисунок 5).

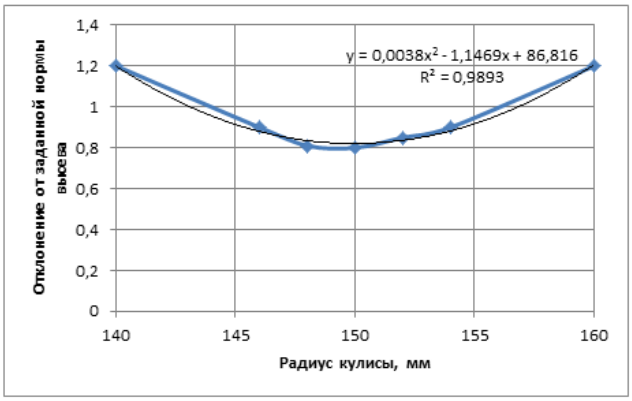


Рисунок 5 – Зависимость между величиной показателя отклонения от заданной нормы высева и от радиуса кулисы

На основании графической зависимости (Рис. 5) между величиной показателя отклонением от заданной нормы высева и от радиуса кулисы можно сделать вывод, что при радиусе кулисы 150 мм отклонение от заданной нормы высева 0,8 %.

Заключение. В ходе проведения полевых исследований были подвержены результаты лабораторных исследований и определены основные качественные показатели работы сеялки с рычажно-кулачковым вариатором привода высевающих аппаратов. Как показали результаты сравнительных испытаний экспериментальная сеялка, устойчиво выполняет технологический процесс посева семян льна в диапазоне скоростей до 9 км/ч. Отклонение от фактической нормы высева у базовой сеялки СЗ-5,4 составило 3%, а у экспериментальной не более 1%, что соответствует агротехническим требованиям к посевным машинам. Применение экспериментальной сеялки с разработанным рычажно-кулачковым вариатором привода высевающих аппаратов для посева семян льна позволит получить прибавку урожая на 21%.

Список литературы

1. Кувайцев, В.Н., Теоретические исследования технологического процесса работы катушечного высевающего аппарата для высева семян масличных мелкосеменных культур. / В.Н. Кувайцев, Н.П. Ларющин, С.П. Лысый, А.В. Шуков // Наука в центральной России - 2016. - № 3 (21).- С. 40-47

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

3. Петухов, Д.А. Современные посевные машины / Д.А. Петухов, В.В. Сердюк // Техника и оборудования для села. – 2012. –№ 1. – С. 18–21.

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

5. Прокопенко, В. А. Эффективность отечественных и зарубежных технологий / В.А. Прокопенко // Техника и оборудование для села. – 2001. – № 8. – С. 17-21.

6. ОСТ 10 5.1-2000. Испытание сельскохозяйственной техники. Машины посевные. Методы оценки функциональных показателей. Введ. 15.06.2000.– М.: Росинформагротех, 2000. – 72 с.

7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

8. Завалишин, Ф.С. Методы исследования по механизации сельскохозяйственного производства / Ф.С. Завалишин, М.Г. Мацнев. – М.:Колос, 1982. – 231 с.

9. ГОСТ Р 52778-2007. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы эксплуатационно-технологической оценки. – М.: Изд-во стандартов, 2007. – 28 с.

References

1. Kuvajcev, V.N., Teoreticheskie issledovanija tehnologicheskogo pro-cessa raboty katushechnogo vysevajushhego apparata dlja vyseva semjan maslichnyh melkosemennyh kul'tur. / V.N. Kuvajcev, N.P. Larjushhin, S.P. Lysyj, A.V. Shukov // Nauka v central'noj Rossii - 2016. - № 3 (21).- S. 40-47

2. Larjushin, N.P. Posevnye mashiny. Teorija, konstrukcija, raschjot / N.P. Larjushin, A.V. Machnev, V.V. Shumaev i dr. – M.: Rosinformagroteh, 2010. – 292 s.

3. Petuhov, D.A. Sovremennye posevnye mashiny / D.A. Petuhov, V.V. Serdjuk // Tehnika i oborudovanija dlja sela. – 2012. –№ 1. – S. 18–21.

4. Posevnye mashiny. Teorija, konstrukcija, raschjot / N.P. Larjushin, A.V. Machnev, V.V. Shumaev i dr. – M.: Rosinformagroteh, 2010. – 292 s.

5. Prokopenko, V. A. Jeffektivnost' otechestvennyh i zarubezhnyh tehnologij / V.A. Prokopenko // Tehnika i oborudovanie dlja sela. – 2001. – № 8. – S. 17-21.

6. OST 10 5.1-2000. Ispytanie sel'skohozjajstvennoj tehniki. Mashiny posevnye. Metody ocenki funkcional'nyh pokazatelej. Vved. 15.06.2000.– M.: Rosinformagroteh, 2000. – 72 s.

7. Dospehov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoj obrabotki rezul'tatov issledovanij). – 5-e izd., dop. i pererab. – M.: Agro-promizdat, 1985. – 351 s.

8. Zavalishin, F.S. Metody issledovanija po mehanizacii sel'skohozjajstvennogo proizvodstva / F.S. Zavalishin, M.G. Macnev. – M.:Kolos,1982. – 231 s.

9. GOST R 52778-2007. Ispytanija sel'skohozjajstvennoj tehniki. Metody jekspluatacionno-tehnologicheskoj ocenki. – M.: Izd-vo standartov, 2007. – 28 s.

УДК 631.356.23;633.63

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОЧИХ ОРГАНОВ МАШИН ДЛЯ УБОРКИ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

Горшенин Василий Иванович,
доктор технических наук, профессор кафедры
«Транспортно-технологические машины и основы конструирования»,
Мичуринский государственный аграрный университет. г. Мичуринск.
Абросимов Александр Геннадьевич,
кандидат технических наук, доцент кафедры
«Транспортно-технологические машины и основы конструирования»,
Мичуринский государственный аграрный университет. г. Мичуринск.
Соловьёв Сергей Владимирович,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры
«Транспортно-технологические машины и основы конструирования»,

Мичуринский государственный аграрный университет. г. Мичуринск.
E-mail: sergsol6800@yandex.ru
Дробышев Игорь Анатольевич,
кандидат технических наук, доцент кафедры
«Транспортно-технологические машины и основы конструирования»,
Мичуринский государственный аграрный университет. г. Мичуринск.

Реферат. *Известно, что качество убираемой сахарной свеклы зависит от способа уборки и от конструкции выкапывающего рабочего органа. Изучали вибрационные лемешные копачи. Показано, что они нарушают связь корнеплодов с почвой ещё до их выкапывания. Выявлено, что наиболее эффективны горизонтальные колебания под углом к оси рядка. Установлено, что для повышения эффективности работы виброкопача, его движение должно быть во всех направлениях как можно ближе к резонансному, по отношению к системе «корнеплод – почва». Предложена конструкция вибрационного копателя корнеплодов с узлом вибрации, выполненным в виде «качающейся шайбы». Показано, что такой узел вибрации сообщает рабочему органу колебания во всех трех плоскостях, придавая ему высокую динамическую активность, необходимую для быстрого разрушения связи корнеплода с почвой. Выявлено, что точки рабочей части копача имеют различную амплитуду, которая увеличивается по мере прохождения корнеплода через его русло. Установлено, что, благодаря тому, что амплитуда в передней части копача стремится к нулю, можно уменьшить расстояние между рыхлительными лапами и корнеплодом. Эти параметры позволяют уменьшить объем сепарирующейся почвы и тяговое сопротивление агрегата. Показано, что качество выкопки и уменьшение повреждения корнеплодов главным образом зависит от геометрических параметров выкапывающего рабочего органа. Применение предложенного вибрационного копателя позволит снизить механические повреждения корнеплодов сахарной свеклы, высеянной ленточным способом.*

Ключевые слова: *сахарная свекла, копатель корнеплодов, рабочие органы, уборка.*

IMPROVEMENT OF WORKING BODIES OF MACHINES FOR HARVESTING SUGAR BEET

Gorshenin Vasily Ivanovich,
Dr. Sci. (Tech.), Prof. of chair "Transport and technological machines and design principles",
Michurinsk state agrarian University. Michurinsk.
Abrosimov Alexander Gennadevich,
Cand. Sci. (Tech.), Assoc. Prof. of the Department "Transport technological machines and design principles", Michurinsk state agrarian University. Michurinsk.
Soloviev Sergey Vladimirovich,
Dr. Sci. (Agr.), Prof. of chair "Transport and technological machines and design principles",
Michurinsk state agrarian University. Michurinsk. E-mail: sergsol6800@yandex.ru
Drobyshev Igor Anatolyevich,
Cand. Sci. (Tech.), Assoc. Prof. of the Department "Transport technological machines and design principles", Michurinsk state agrarian University. Michurinsk.

Abstract. *It is known that the quality of the harvested sugar beets depends from cleaning process and construction of excavating working body. Vibrating plowshare diggers are studied. It*

is shown that they are violating the connection of root crops with the soil before digging out them. It was revealed that the horizontal vibrations at an angle to the row axis are most effective. It was found that for improving the efficiency of vibration diggers its movement should be in all directions as close as possible to the resonance with respect to the system of "root - soil". Construction for digger of root crops vibration with vibration unit, designed as a "swash plate" is offered. It is shown that a vibration node reports to working body vibrations in all three planes, giving it a highly dynamic activity, necessary for the rapid destruction of the root connection with the soil. It was revealed that points of working part of diggers have different amplitude, which increases as it passes through its root channel. It is established that, thanks to the fact that the amplitude at the front of diggers tends to zero, it is possible to reduce the distance between the rippers paws and root crops. These options allow you to reduce the amount of separation of soil and traction resistance of the unit. It is shown that the digging quality and reducing damage of root crops mainly depends on the geometrical parameters of working body of digging out. Application of the proposed vibration digger will reduce mechanical damage of sugar beet, sown by a strip process.

Key words: *sugar beet, root crops digger, working bodies, cleaning.*

Введение. Качество убираемой сахарной свеклы зависит от способа уборки и от конструкции выкапывающего рабочего органа. В настоящее время имеется большое разнообразие конструкций копачей, предназначенных для нарушения связи корнеплодов с почвой и их извлечения, которые можно свести к трём основным типам: лемешковые, вильчатые, ротационные (дисковые).

Для анализа работы свеклоуборочных комбайнов рассмотрим выкапывающие рабочие органы согласно представленной классификации (рисунок 1) и основным агротехническим требованиям при уборке сахарной свеклы.

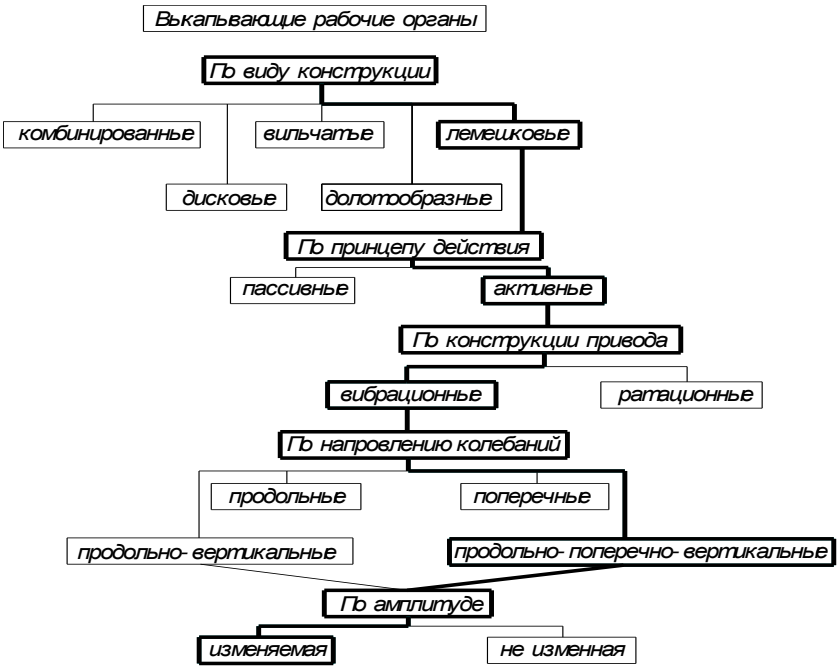


Рисунок 1 - Классификация рабочих органов свеклоуборочных машин

Основные требования к копачам: разрушать связь корнеплодов с почвой, полностью извлекать все корнеплоды без их повреждения.

Анализ литературных источников показал, что качество работы дисковых и вильчатых рабочих органов выше, чем у пассивных. Недостаткам этих копачей является ухудшение ра-

боты при повышенной твердости (3-4,5 МПа и выше) и влажности (25-28 %) почвы. В таких условиях повреждение корнеплодов доходит до 75-90 %, потери превышают 15-20 %, загрязнённость вороха достигает 25-40 % [1].

В настоящее время широкое распространение получили вибрационные лемешные копачи. Установлено, что они нарушают связь корнеплодов с почвой ещё до их выкапывания. Выявлено, что наиболее эффективны горизонтальные колебания под углом к оси рядка.

Материалы и методы. Теоретические исследования проводились методами теоретической механики и математического моделирования. Для проведения экспериментальных исследований были составлены общие и частные методики. Исследования проводились на экспериментальных образцах вибрационного копателя с узлом вибрации, выполненным в виде «качающейся шайбы».

Результаты и обсуждение. В настоящее время широкое распространение получили вибрационные лемешные копачи. Установлено, что они нарушают связь корнеплодов с почвой ещё до их выкапывания. Выявлено, что наиболее эффективны горизонтальные колебания под углом к оси рядка.

Существующие виброкопатели имеют постоянный или дискретно регулируемый частотно-амплитудный режим. Для повышения эффективности работы виброкопача его движение должно быть более сложным во всех направлениях, как можно ближе к резонансному по отношению к системе «корнеплод – почва», что и послужило поводом для создания вибрационного копателя с управляемым переменным амплитудно-частотным режимом работы. Лидером на рынке свеклоуборочной техники является Фирма ROPA которая выпускает свеклоуборочные комбайны, оснащённые вибрационными, лемешковыми копателями. Данные копатели менее чувствительны к смещению растений в рядке, менее металлоемки по сравнению с дисковыми и вильчатыми копателями. Однако при их использовании корнеплод получает и вертикальные и горизонтальные усилия. В результате этого действия хвостовая часть корнеплода подвергается изгибу и излому.

Основным показателем извлечения корнеплодов с минимальными повреждениями при работе вибрационных копачей является направление действия силы при извлечении корнеплода, которая зависит от конструкции узла вибрации (рисунок 2).

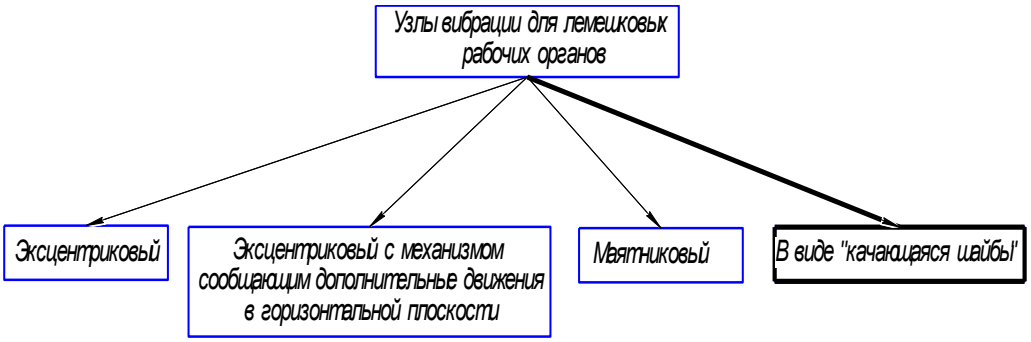


Рисунок 2 - Схема классификации узлов вибрации, применяемых для лемешных копачей при уборке корнеплодов

Исследования показывают, что колеблющиеся рабочие органы имеют тяговое сопротивление ниже, чем жестко закрепленные.

Наличие колебания рабочих органов значительно снижает тяговое сопротивление, движение колебательного рабочего органа сопровождается периодическим скалыванием частиц почвы с образованием продольных и поперечных трещин. Образование скалываемых частиц почвы и их размеры увеличивают длину скалываемого участка от скорости движения агрега-

та, а увеличение частоты колебания уменьшает ее. А.А. Дубровский пришел к выводу, что эффект колебаний будет положительным при:

$$\frac{\upsilon_а}{\nu^2} = C_1 \cdot C_2 \cdot \frac{a \cdot b}{\nu_п}, \quad (1)$$

где υ_a - поступательная скорость агрегата, м/с; a, b – глубина и ширина захвата рабочего органа, м; C_1, C_2 – коэффициент зависящий от формы рабочего органа, условий работы и амплитуды колебаний; $\nu_п$ – объемная масса почвы, кг/м^3;ν – частота колебаний, рад/с.

Г.Э. Сварский предложил зависимость для определения величины снижения тягового сопротивления как при продольных так и при поперечных колебаниях рабочего органа.

$$\delta = \Phi \frac{A \cdot \nu}{\upsilon_а}, \quad (2)$$

где δ – относительное снижение тягового сопротивления при колебании; Φ – безразмерный коэффициент; A – амплитуда колебаний.

Р.М. Зоненберг установил, что минимальные затраты энергии можно получить при изменении скорости поступательного движения, соблюдая условие:

$$\frac{\upsilon_а}{A \cdot \nu} = const. \quad (3)$$

Исследованиями работы вибрационного рабочего органа с вибрацией в горизонтальной плоскости описаны в трудах Брея В.В. Он установил, что для более эффективного протекания процесса выкапывания каждому корню необходимо сообщать колебания с определенными значениями частоты и амплитуды, что практически невозможно, поскольку параметры корнеплода не постоянные величины. Более эффективного протекания процессов извлечения корнеплодов можно достигнуть, если сообщить им колебания с возрастающей амплитудой и постоянного для данного режима частотой [1].

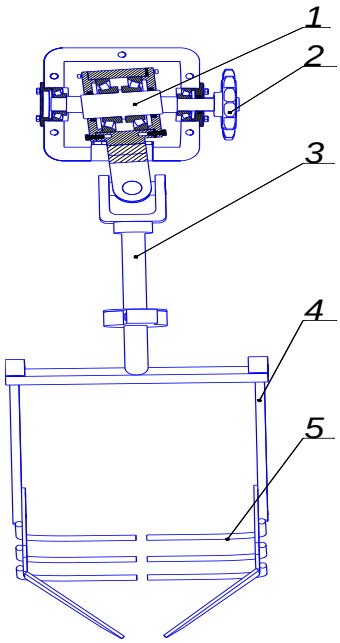
Дробышев И.А. установил, что основными причинами неудовлетворительной работы существующих копачей, в условиях повышенной влажности почвы, является недостаточное крошение пласта и очистка корнеплодов от почвы, поэтому им была предложена модель вибрационного копача, работающего в трех плоскостях, амплитуда и частота при этом оставались постоянными величинами [2].

Для повышения производительности свеклоуборочных комбайнов и снижения повреждения корнеплодов, в условиях повышенной влажности почвы, нами предлагается следующая конструкция вибрационного копателя корнеплодов (рисунок 3).

Узел вибрации, выполненный в виде «качающейся шайбы», сообщает рабочему органу колебания во всех трех плоскостях, что придает ему высокую динамическую активность, необходимую для быстрого разрушения связи корнеплода с почвой. Точки рабочей части копача имеют различную амплитуду, которая увеличивается по мере прохождения корнеплода через его русло. Благодаря тому, что амплитуда в передней части копача стремиться к нулю, можно уменьшить расстояние между рыхлительными лапами и корнеплодом. Эти параметры позволяют уменьшить объем сепарирующейся почвы, а, следовательно, и тяговое сопротивление агрегата.

Качество выкопки и уменьшение повреждения корнеплодов главным образом зависит от геометрических параметров выкапывающего рабочего органа.

Рабочий орган состоит из рыхлительной лапы с жестко прикрепленными к нему прутками, расположенными параллельно поверхности поля. Рабочая часть копача в плоскости перпендикулярной движению агрегата, располагается параллельно конусной части корнеплода. Рыхлительные лапы с прутками образуют русло копача, сужающееся по ходу прохождения через него корнеплода.



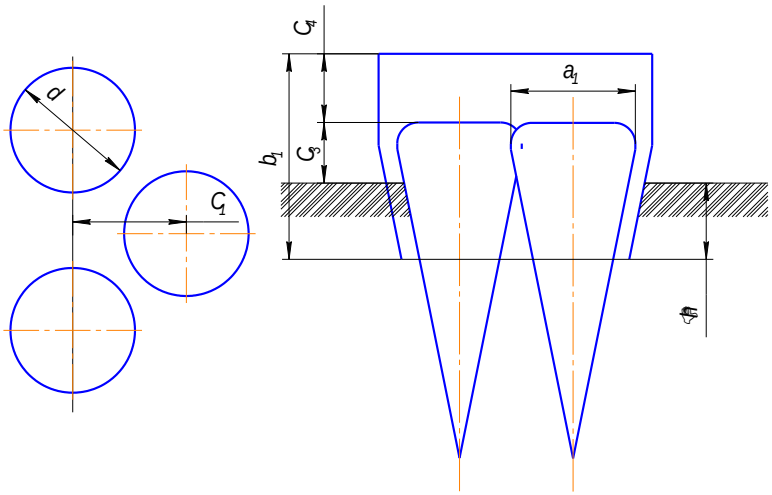
1 – узел вибрации; 2 – звездочка; 3 – шатун; 4 – стойка; 5 –пруток .

Рисунок 3 - Вибрационный копатель корнеплодов

У свеклоуборочных комбайнов глубина хода рабочих органов составляет 110…140 мм. Высота постановки рабочего органа определяется высотой выступания корнеплода над поверхностью почвы и технологическим зазором [3] и составляет (рисунок 4):

$$b_1 = C_3 + C_4 + \Delta h, \quad (4)$$

где: C_3 – высота выступания корнеплода над поверхностью почвы, м; C_4 – технологический зазор по высоте постановки рабочего органа, м; Δh – глубина хода рабочего органа, м.



1 – корнеплод; 2 – рабочий орган

Рисунок 4 - Схема для определения высоты рабочего органа и ширины постановки рабочих органов

Ширина постановки рабочих органов определяется максимальным диаметром убираемого корнеплода:

$$a_1 = d + C_1 + 2C_2, \quad (5)$$

где: d – диаметр корнеплодов, м; C_1 – ширина ленты, C_1=0,15 м; C_2 – технологический зазор по ширине рабочего органа, м.

Для повышения эффективности работы вибрационного копателя необходимо уменьшить его сопротивление и увеличить скорость движения агрегата при сохранении качества убираемой продукции [4].

На корнеплод действуют следующие силы. Сила сопротивления среды $F_{сопр.\ ср.}$, сила воздействия прутка рабочего органа на корнеплод F, сила инерции рабочего органа J^i, находящаяся внутри копача $m_п g$, сила сцепления корнеплода с почвой $F_{сц}$ (рисунок 5).

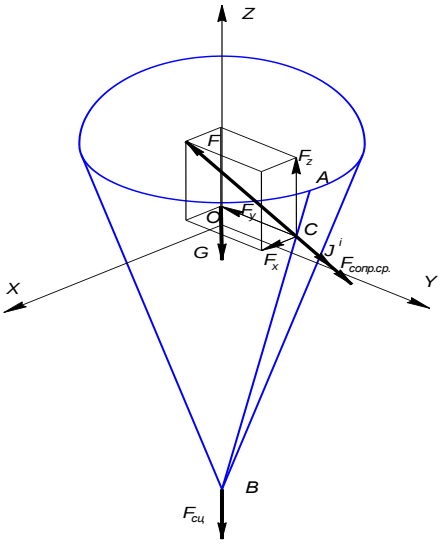


Рисунок 5 - Схема для определения сил воздействия на корнеплод при движении копача

Уравнение движения корнеплода в векторной форме будет иметь вид:

$$\overline{m_к a} = \bar{F} + \bar{F}_{сопр.ср} + \bar{G} + \bar{J}^i + \bar{F}_{сц} \qquad (6)$$

где m – масса корнеплодов, кг; a – ускорение корнеплода, м/с2; F - сила воздействия прутка рабочего органа на корнеплод, Н; $F_{сопр.ср}$ - сила сопротивления среды, Н; $F_{сопр.ср.} = 0{,}5C\rho S\upsilon^2$; C – коэффициент силы сопротивления; ρ – плотность почвы, кг/м3; S – площадь действия корнеплода, м^3; υ – скорость движения, м/с^2; G – сила тяжести, Н; $G = m \cdot g$; Ji – сила инерции рабочего органа, Н; $J^i = m \cdot a$; $F_{сц}$ - сила сцепления корнеплода с почвой, Н.

В рассматриваемом случае система состоит из пласта почвы, внутри которой находиться корнеплод. Все это ограничено копачом, совершающим колебательное движение.

Для определения максимально допустимой амплитуды прутков рабочего органа рассмотрим схему, изображенную на рисунке 6.

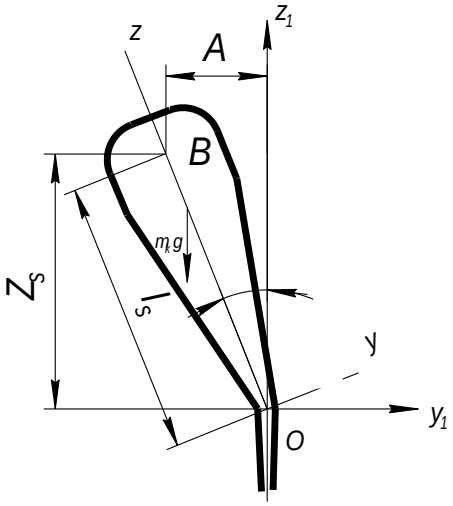


Рисунок 6 - Схема к определению отклонения корнеплода от вертикальной оси

Согласно схеме, изгиб корнеплода идет под углом τ. Амплитуда корнеплода зависит от расстояния l_S точки контакта прутков *B* рабочего органа с корнеплодом до точки *O,* ниже которой, происходит защемление корневой части корнеплода при допустимом угле $\tau_{доп}$.

Наибольшее динамическое отклонение корня не должно превышать допустимого [5].

$$A_{max} = l_s \cdot \sin \tau_{доп} \quad (7)$$

где A_{max} - максимально допустимая амплитуда колебаний, мм; $\tau_{доп}$ - допустимый угол наклона корнеплода, град: $\tau_{доп}$=8-11град. [1]; lS - расстояния точки контакта прутков B рабочего органа с корнеплодом до точки O, ниже которой происходит защемление корневой части корнеплода, мм.

При некоторых значениях влажности почвы ($W>W_{кр}$), копатель даже с идеально подобранными геометрическими параметрами теряет работоспособность [2].

Выводы. Применение предложенного вибрационного копателя позволит снизить механические повреждения корнеплодов сахарной свеклы, высеянной ленточным способом по схеме 45+15 см.

Список литературы

1. Брей В.В. Исследование и разработка процесса извлечения из почвы корней сахарной свёклы / В.В. Брей Автореф. дисс. канд. техн. наук 05.06.01.- Киев, 1972.-31с.

2. Дробышев И.А. Повышение эффективности использования свеклокопателя путем разработки лемешного вибрационного копача /И.А. Дробышев Автореф. дисс. канд. техн. наук 05.20.01.,05.20.03- Мичуринск, 2005.-28с.

3. Горшенин В.И. Обоснование рабочих режимов вибрационного копача /В.И Горшенин, А.Г. Абросимов // Вестник Московского государственного агроинженерного университета имени В.П. Горячкина. – 2009. - №1. – С. 30-32

4. Зуев Н.М. Снижение потерь на уборке / Н.М. Зуев, Н.А. Катеринчук // Сахарная свекла -1982.- № 9.- С. 12-15.

5. Булгаков В.М. Теория лемешного выкапывающего органа/ В.М. Булгаков, И.В. Головач // Тракторы и сельхозмашины. № 10.- 2002.- С. 25-28.

References

1. Brey V.V. Issledovaniye i razrabotka protsessa izvlecheniya iz pochvy korney sakharnoy svekly / V.V. Brey Avtoref. diss. kand. tekhn. nauk 05.06.01.- Kiyev. 1972.-31s.

2. Drobyshev I.A. Povysheniye effektivnosti ispolzovaniya svekloko-patelya putem razrabotki lemeshnogo vibratsionnogo kopacha /I.A. Drobyshev Avtoref. diss. kand. tekhn. nauk 05.20.01..05.20.03- Michurinsk. 2005.-28s.

3. Gorshenin V.I. Obosnovaniye rabochikh rezhimov vibratsionnogo kopacha /V.I Gorshenin. A.G. Abrosimov // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo agroinzhenernogo universiteta imeni V.P. Goryachkina. – 2009. - №1. – S. 30-32

4. Zuyev N.M. Snizheniye poter na uborke / N.M. Zuyev. N.A. Katerinchuk // Sakharnaya svekla -1982.- № 9.- S. 12-15.

5. Bulgakov V.M. Teoriya lemeshnogo vykapyvayushchego organa/ V.M. Bulgakov. I.V. Golovach // Traktory i selkhozmashiny. № 10.- 2002.- S. 25-28.

УДК 631.3: 631.534: 631.541.11

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ ДЛЯ ОТДЕЛЕНИЯ ОТВОДКОВ КЛОНОВЫХ ПОДВОЕВ

Дробышев Игорь Анатольевич,
кандидат технических наук, доцент кафедры
«Транспортно-технологические машины и основы конструирования», Мичуринский государственный аграрный университет, г. Мичуринск
Алехин Алексей Викторович,
кандидат технических наук, доцент кафедры
«Транспортно-технологические машины и основы конструирования», Мичуринский государственный аграрный университет, г. Мичуринск
E-mail: Alekhinal@bk.ru
Дробышев Степан Игоревич
магистрант, Мичуринский государственный аграрный университет, г. Мичуринск

Реферат. *Установлено, что основной культурой садоводства в Черноземье является яблоня. Доказано, что интенсивные сады на слаборослых клоновых подвоях наиболее эффективны. Они значительно раньше вступают в товарное плодоношение, быстрее наращивают урожай. В таких садах ниже затраты ручного труда и выше товарное качество плодов. Выявлено, что в зарубежной практике яблоневые сады практически полностью переведены на слаборослые клоновые подвои. В результате площади под ними сократились почти в 2 раза, а валовое производство плодов увеличилось, примерно, в 2 раза. В нашей стране также намечены тенденции перехода на насаждения, представленные слаборослыми насаждениями. Показано, что производство дешёвого посадочного материала в количествах способных обеспечить потребности отрасли, невозможно без современных средств механизации. Используемые в хозяйствах машины, не в полной мере удовлетворяют агротехническим требованиям по качеству выполнения технологического процесса, а также предполагают использование ручного труда для устранения недоработок. Основным недостатком машин является то, что режущий рабочий орган расположен сзади трактора и ряд растений проходит под трактором, что приводит к их повреждению движущимися частями трактора и машины. Для устранения повреждений отводков предложена схема и разработана машина с боковым расположением рабочего органа. Для определения конструктивных параметров данной машины разработан прибор по определению геометрических характеристик рядка растений и проведены экспериментальные исследования. Установлено, что в зависимости от возраста маточника среднее значение высоты составляет 80 см на четвёртый год после посадки и 60 см на второй год после посадки. При этом максимальная высота составила 160 см.*

Ключевые слова*: вегетативно размножаемые подвои, машина для отделения отводков клоновых подвоев.*

IMPROVEMENT OF MEANS OF MECHANIZATION FOR SEPARATING THE CUTTINGS OF CLONAL ROOTSTOCKS

DrobyshevIgor Anatolyevich,
Cand. Sci. (Tech.), docent of the Department "Transport technological machines and design

principles", Michurinsk state agrarian University. Michurinsk
AlekhinAlexeyViktorovich,
Cand. Sci. (Tech.), docent of the Department "Transport technological machines and design principles", Michurinsk state agrarian University. Michurinsk,
E-mail: Alekhinal@bk.ru
DrobyshevStepanIgorevich,
graduate student, Michurinsk state agrarian University. Michurinsk

Abstract. *It was established that the main crop gardening in the Black Earth is an apple tree. It is proved that intensive gardens slightly growing clonal rootstocks are most effective. They come much earlier in the commodity fruition faster increasing yield. In such gardens below the cost of manual labor and higher commodity fruit quality. It was revealed that in foreign practice orchards almost completely transferred to slightly growing clonal rootstocks. As a result, the area under them dropped by almost 2 times, and the total production of fruits increased by approximately 2-fold. In our country, as outlined tendency of transition to plantation presented slightly growing plantations. It is shown that the production of cheap planting material in quantities capable of ensuring the needs of the industry, it is impossible without modern mechanization. Used on farms machines do not fully meet the agronomic requirements for quality performance of the process, as well as involve the use of manual labor to correct defects. The main drawback of machines is that the cutting actuator is located behind a tractor and a number of plants held under the tractor, resulting in damage to moving parts of the machine and tractor. To eliminate damage layering scheme is proposed and designed the machine with the side of the working body of the arrangement. To determine the design parameters of the machine is designed to determine the unit of geometric characteristics of a row of plants and experimental studies. It is found that depending on age liquor average value of the height is 80 cm at the fourth year after planting and 60 cm in the second year after planting. The maximum height was 160 cm.*

Key words: *vegetative propagated rootstocks, a machine for separating the cuttings of clonal rootstocks.*

Введение. Садоводство является важной отраслью сельского хозяйства. Оно обеспечивает человека незаменимыми компонентами питания. Плоды и ягоды с давних времен и посей день, являются одними из основных источников витаминов, минеральных веществ и других полезных веществ, необходимых для нормального развития и функционирования человеческого организма.

Основной культурой садоводства в Черноземье является яблоня. Не вызывает сомнения, что интенсивные сады на слаборослых клоновых подвоях наиболее эффективны. Они значительно раньше вступают в товарное плодоношение, быстрее наращивают урожай. В таких садах ниже затраты ручного труда и выше товарное качество плодов [4].

В зарубежной практике яблоневые сады практически полностью переведены на слаборослые клоновые подвои. В результате площади под ними сократились почти в 2 раза, а валовое производство плодов увеличилось примерно в 2 раза [3]. В нашей стране также намечены тенденции перехода на насаждения, представленные слаборослыми насаждениями.

Питомниководство, в настоящее время, является наиболее выгодной отраслью.

Производство дешёвого посадочного материала в количествах способных обеспечить потребности отрасли, невозможно без современных средств механизации. Используемые в

хозяйствах машины, не в полной мере удовлетворяют агротехническим требованиям по качеству выполнения технологического процесса, а также предполагают использование ручного труда для устранения недоработок.

Отделение вегетативно размножаемых подвоев яблони от маточных растений является ответственным этапом их производства. Поэтому совершенствование средств механизации для отделения отводков – актуальная задача.

Известно устройство для отделения отводков от растений в слое почвы [3]. Оно содержит раму с режущими рабочими органами, установленными на валу с возможностью их вращения навстречу друг другу. Режущий рабочий орган выполнен в виде дугообразных ножей и сферического диска с возможностью вращения над ними от реакции почвы. Во ВНИИ садоводства им. И.В. Мичурина разработана машина для отделения отводков [1].

Основным недостатком данных машин является то что, режущий рабочий орган расположен сзади трактора и ряд растений, проходит под трактором, у которого агротехнический просвет составляет 0,4-0,6м. Поэтому самые высокие растения могут надламываться или повреждаться движущимися частями трактора и машины.

Материалы и методы. Для проведения экспериментальных исследований были составлены общие и частные методики. Исследования проводились на экспериментальных образцах машины для отделения отводков.

Результаты и обсуждение. Для устранения повреждений отводков на кафедре транспортно-технологических машин и основ конструирования разработана машина с боковым расположением рабочего органа, снабженного отвалом и копирующим башмаком (рисунок 1).

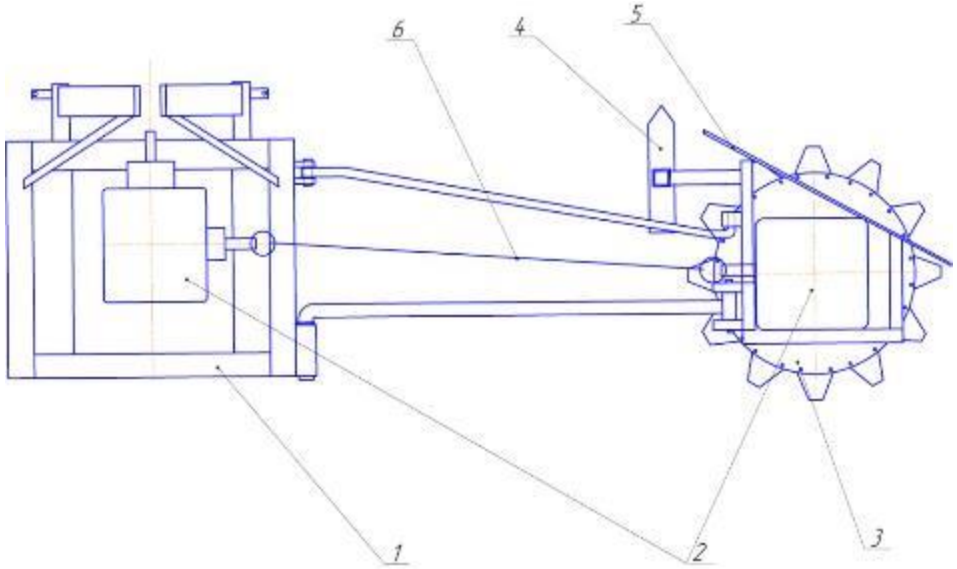


Рисунок 1 -Схема машины для отделения отводков вегетативно размножаемых подвоев яблони с боковым расположением рабочего органа: 1 – рама; 2 – редукторы; 3 – дисковый нож; 4 – опорно-регулировочный башмак; 5 –отвал; 6 – карданный вал

Машина работает следующим образом. При движении вдоль рядка, дисковый нож 3, приводимый в движение от вала отбора мощности трактора через редукторы 2 и карданную передачу 6, отделяет отводки от маточной косички, а отвал 5 укладывает срезанные растения сбоку рядка. Высота среза регулируется положением опорного башмака 4.

Полевые испытания (рисунок 2) показали высокую эффективность ее использования.

Рисунок 2 Результат работы машины

При отделении отводков не наблюдалось их травмирования и потери товарного вида. При этом процесс происходил без предварительного разокучивания валка. Однако в ходе полевых испытаний выявлена неравномерность высоты среза отводков из-за неровности рельефа.

Для устранения данного недостатка нами предлагается снабдить рабочий орган дополнительным башмаком, закреплённым на дуге 7 (рисунок 3).

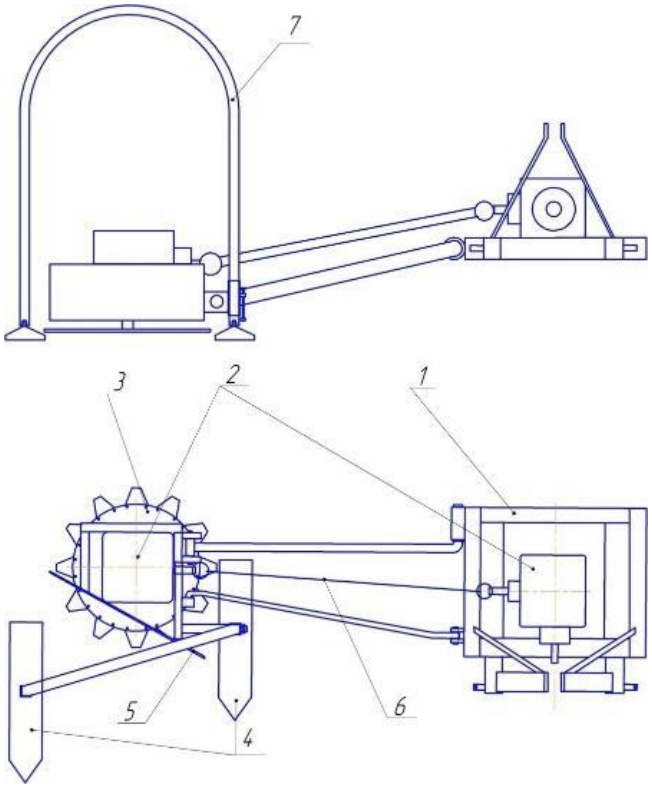


Рисунок 3 - Схема машины для отделения отводков с дополнительным башмаком

Геометрические параметры дуги должны обеспечивать беспрепятственное прохождение отводков к дисковому ножу.

Для определения данных параметров был разработан измерительный прибор, представленный на рисунке 4.Он состоит из стойки 1 со шкалой и опорной площадкой 6. Для определения высоты отводков используется подвижная штанга 3. Для определения ширины расположения растений используется шкала на штанге 3 и подвижная штанга 4. Высота валка определяется при помощи подвижной штанги 2.

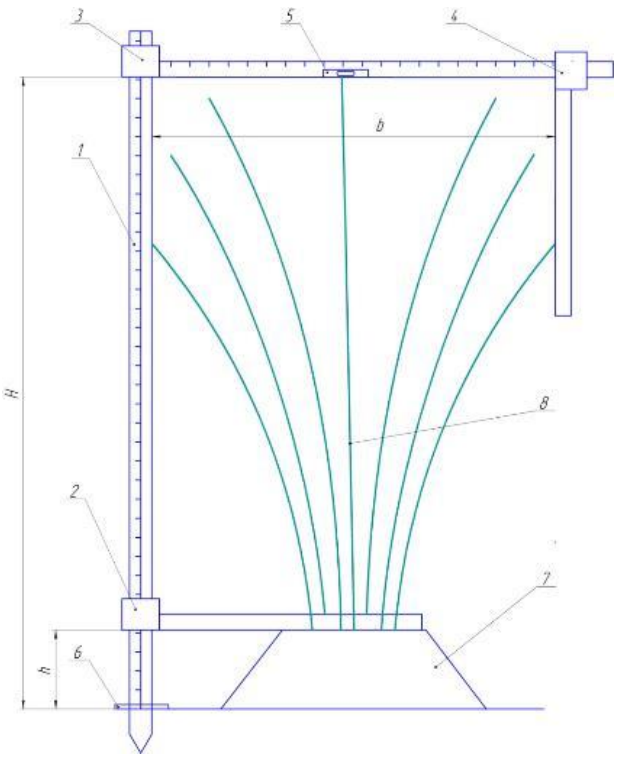


Рисунок 4 - Прибор для определения геометрических параметров рядка отводков вегетативно размножаемых клоновых подвоев

Измерения проводили следующим образом.

Перемещаясь по междурядью, случайным образом устанавливали измерительный прибор, погружая в почву до опорной площадки 6,при этом вертикальность стойки контролировали по уровню 5. В этом месте замеряли с помощью измерителя высоту отводков *H* по шкале с ценой деления 10 мм на стойке 1, ширину расположения растений *b*по шкале на штанге 3 и высоту валка *h*.

Результаты распределения отводов по высоте представлены на рисунке 5.

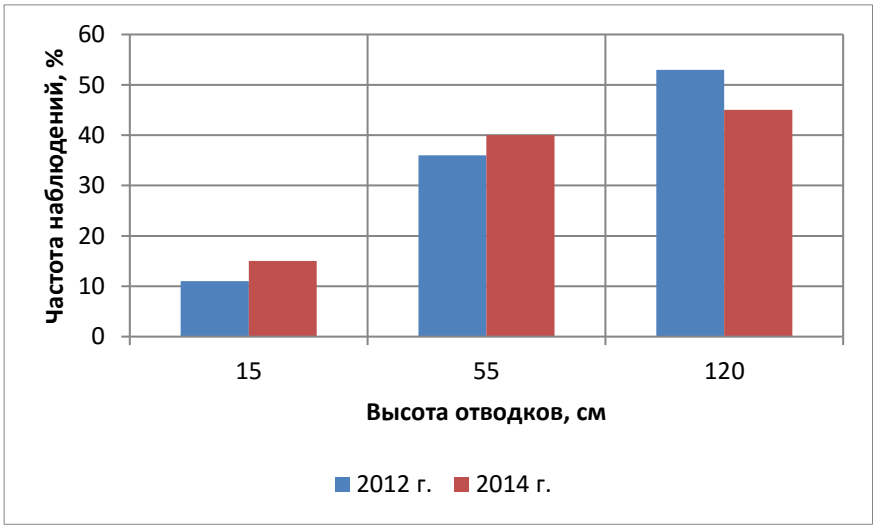


Рисунок 5 - Гистограммы распределения количества побегов по высоте в маточниках различного года посадки

Анализ полученных данных показывает, что высота побегов варьирует в широких пределах. В зависимости от возраста маточника среднее значение высоты составляет 80см на четвёртый год после посадки и 60см на второй год после посадки. При этом максимальная высота составила 160 см.

Результаты исследования ширины расположения отводков в ряду представлены на рисунке 6.

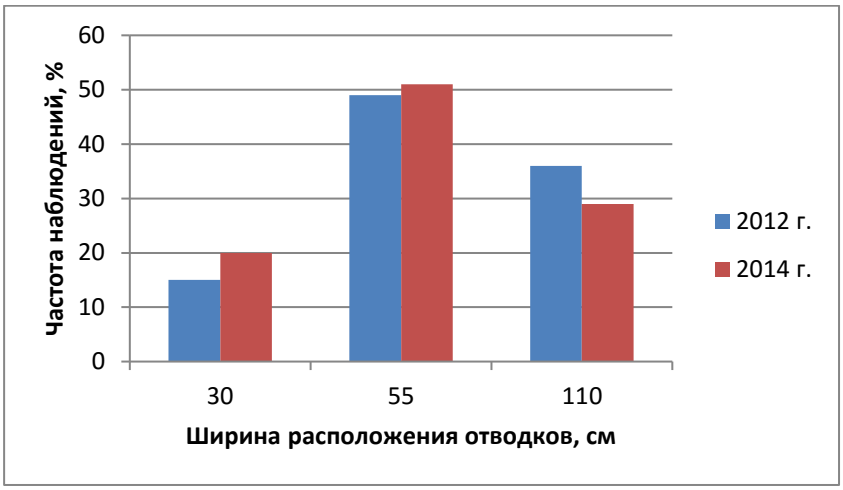


Рисунок 6 – Гистограммы расположения побегов по ширине в маточниках различного года посадки

Анализ полученных данных показывает, что в зависимости от возраста маточника среднее значение ширины расположения составляет 50 см в маточниках2012 года посадки и 55см в маточниках2014года посадки.

Вывод. Таким образом, на основании полученных данных высота дуги должна составлять140 - 160 см, а ширина 90 - 110 см.

Список литературы:

1. Бросалин, В.Г. Механизация отделения отводков клоновых подвоев яблони / В.Г. Бросалин, К.А. Манаенков // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2012. – №3 – С. 197-204.

2. Манаенков, А.Н. Механизация выращивания клоновых подвоев в маточнике по интенсивной технологии: Учебное пособие / А.Н. Манаенков. – Воронеж: ВГАУ, 1992. – 60 с.

3. Потапов, В.А. Развитие слаборослого садоводства в России, основные направления исследований, перспективы интенсификации производства плодов / В.А. Потапов // Интенсивное садоводство: Матер. науч.-практ. конф. – Мичуринск, 2000. – Ч. 1. – С. 16-20.

4. Технология закладки и возделывания маточников клоновых подвоев яблони в средней зоне садоводства РФ: Рекомендации / Под ред. Ю.В. Трунова – Мичуринск: Изд-во МичГАУ, 2007. – 50 с.

References:

1. Brosalin. V.G. Mekhanizatsiya otdeleniya otvodkov klonovykh podvoyev yabloni / V.G. Brosalin. K.A. Manayenkov // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2012. – №3 – S. 197-204.

2. Manayenkov. A.N. Mekhanizatsiya vyrashchivaniya klonovykh podvoyev v matochnike po intensivnoy tekhnologii: Uchebnoye posobiye / A.N. Manayenkov. – Voronezh: VGAU. 1992. – 60 s.

3. Potapov. V.A. Razvitiye slaboroslogo sadovodstva v Rossii. osnovnyye napravleniya issledovaniy. perspektivy intensifikatsii proizvodstva plodov / V.A. Potapov // Intensivnoye sadovodstvo: Mater. nauch.-prakt. konf. – Michurinsk. 2000. – Ch. 1. – S. 16-20.

4. Tekhnologiya zakladki i vozdelyvaniya matochnikov klonovykh podvoyev yabloni v sredney zone sadovodstva RF: Rekomendatsii / Pod red. Yu.V. Trunova – Michurinsk: Izd-vo MichGAU. 2007. – 50 s.

УДК 632.08

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОПРЫСКИВАНИЯ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ЮГА РОССИИ

Камбулов Сергей Иванович
доктор технических наук, главный научный сотрудник,
Северо-Кавказский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства, г. Зерноград, Ростовская область,
E-mail: kambulov.s@mail.ru
Рыков Виктор Борисович
доктор технических наук, главный научный сотрудник,
Северо-Кавказский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства, г. Зерноград, Ростовская область,
Колесник Валентина Владимировна
научный сотрудник,
Северо-Кавказский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства, г. Зерноград, Ростовская область,
Дёмина Елена Борисовна
научный сотрудник,
Северо-Кавказский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства, г. Зерноград, Ростовская область,
Ридный Сергей Дмитриевич
кандидат технических наук, доцент
ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет», г. Ставрополь

Реферат. *Известно, что существующие серийные опрыскиватели отечественного производства оборудованы щелевидными распылителями, не обеспечивающими должного качества распределяемой на листовой поверхности растений рабочей жидкости. Потери препаратов при этом могут составлять до 30%. Установлено, что эффективность опрыскивания существенно повышается при использовании воздуха в составе рабочей смеси. Это позволяет на выходе из распылителя создать диаметр капель, которые хорошо удерживаются на листовой поверхности. Рассмотрены возможности и представлены результаты исследований по повышению качества распыла рабочей жидкости серийными опрыскивателями отечественного производства. Исследования проводились на опытном поле ФГБНУ СКНИИМЭСХ в южной зоне Ростовской области, при среднегодовом количестве осадков 560-600 мм, среднегодовой температуре воздуха 9,6 °С и среднегодовой влажности воздуха 56%. Определена возможность повышения эффективности опрыскивания за счет установки на серийный опрыскиватель ОП-2000/18 дополнительного оборудования для насыщения рабочей жидкости воздухом. В процессе исследований использовались распылители 04F110 (светло-синей окраски), работающие под давлением жидкости 2,2 атм и давлением рабочей жидкости с воздухом 2,6 атм. Установлено увеличение в 1,9 раза доли капель размером до 200 мкм при листовой подкормке полевых культур раствором микроудобрений «Аквадон-Микро» с дозой внесения 2 л/га. Отмечено снижение в 1,5-2,0 раза рабочего давления, создаваемого штатным насосом опрыскивателя за счет использования эжектора. Увеличена в 2,7 раза плотность покрытия листовой поверхности обрабатываемых растений. Снижен*

на 16-22% расход рабочего раствора при увеличении в 1,7 раза полидисперсности распыляемых капель.

***Ключевые слова**: технология, опрыскивание, жидкостно-воздушная смесь, эжектор, размер капель, полидисперсность.*

PERFECTION OF TECHNOLOGY AND MEANS OF SPRAYING THE FIELD CROPS IN SOUTHERN RUSSIA

Kambulov Sergei Ivanovich
Dr. Sci. (Tech.), Chief Researcher,
Federal state research institution of the North-Caucasian scientific research Institute of mechanization and electrification of agriculture
Rykov Victor Boricovich
Dr. Sci. (Tech.), Chief Researcher,
Federal state research institution of the North-Caucasian scientific research Institute of mechanization and electrification of agriculture
Kolesnik Valentina Vladimirovna
Researcher at the Department of mechanization of field crops,
Federal state research institution of the North-Caucasian scientific research Institute of mechanization and electrification of agriculture
Demina Elena Borisovna
Researcher at the Department of mechanization of field crops,
Federal state research institution of the North-Caucasian scientific research Institute of mechanization and electrification of agriculture
Ridnyi Sergey Dmitrievich
Cand. Sci. (Tech.), Chief Researcher,, Assoc. Prof. , Federal State Educational Institution of Higher Education "Stavropol State Agrarian University"

***Abstract.** Existing serial domestic production sprayers equipped with slotted nozzles are not providing proper quality distributed to the plant leaf surface of the working fluid. Loss drugs may thus be up to 30%. It was found that effectiveness of spraying is substantially increased when using the air in the working mixture. This will allow the outlet to create a spray droplet diameter, which are well retained on the sheet surface. In this regard, we consider the possibilities and the results of research to improve the quality of the working fluid spray sprinklers serial domestic production. The studies were conducted on the experimental field FGBNU SKNIIMESKH in the southern zone of the Rostov region, with an average annual rainfall 560-600 mm, the average annual temperature and mean annual 9,6°S air humidity of 56%. The possibility of increasing the effectiveness of the spray through the installation of the serial sprayer OP-2000/18 of additional equipment to saturate the air of the working fluid. During the study used sprayers 04F110 (light blue color) working fluid under pressure and 2,2 atm pressure of the working fluid with the air of 2,6 atm. The increase in the proportion of 1,9 times the droplet size of 200 microns with foliar solution microfertilizers Field Crops «Aquadon-micro» introducing a dose of 2 l / ha. There was a reduction in the 1,5-2,0 times the working pressure generated by a pump sprayer staff through the use of an ejector. Increased 2,7 times the density of the surface-coated sheet steel plant to be treated. Reduced by 16-22% the working solution flow at a magnification of 1,7 times polydispersity sprayed droplets.*

Keywords: *technology, spraying, liquid-air mixture, the ejector, the droplet size, polydispersity.*

Введение. Одним из направлений повышения эффективности применения жидких минеральных удобрений, средств защиты растений является снижение их расхода путем совершенствования технологий и применяемых технических средств. При использовании штанговых опрыскивателей отечественного производства потери препаратов за пределы обрабатываемых участков составляют около 30% [1, 2]. Эффективность опрыскивания существенно повышается при использовании эжекторных распылителей, недостатком которых является малая продолжительность контакта рабочего раствора с воздухом и высокая стоимость. Исследования, направленные на повышение качества опрыскивания полевых культур является актуальным.

Цель исследований. Повышение качества обработки посевов сельскохозяйственных культур путем использования жидкостно-воздушной смеси.

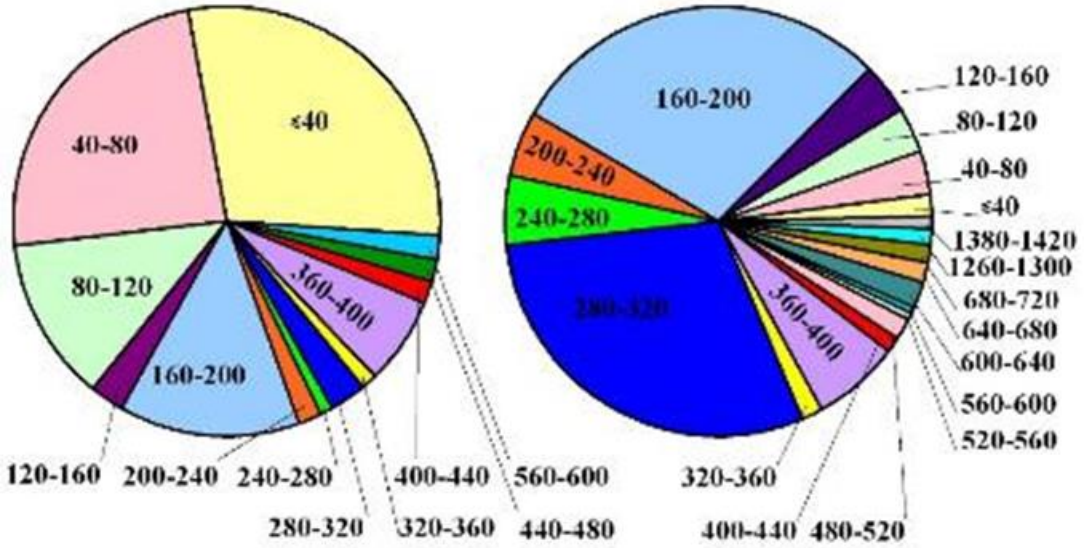
Материалы и методы. Исследования проводились в 2012-2015 гг. на опытном поле ФГБНУ СКНИИМЭСХ с использованием опрыскивателя ОП-2000/18, оборудованного воздушным эжектором. Эксперименты проводились при внекорневой подкормке подсолнечника с дозой внесения микроудобрения «Аквадон-Микро» 2 л/га. В процессе работы использовались распылители 04F110 (светло-синей окраски), работающие при давлении жидкости 2,2 атм. и давлении рабочей жидкости с воздухом 2,6 атм. Капли улавливались на карточки из фотопленки покрытой краской, для снижения смачивания пленки водой. Карточки крепились на деревянных рейках и укладывались в ряду подсолнечника по две на левой и правой стороне штанги опрыскивателя. Покрытие учетных карточек с измерительной шкалой каплями рабочего раствора фиксировалось цифровым фотоаппаратом. Увеличение отпечатков покрытия карточек каплями, полученными после распылителей, работавших без воздуха, и с насыщением раствора воздухом составило 3,0 и 2,5 раза, соответственно.

Результаты и обсуждение. Для управления процессом формирования заданного диаметра капельного диспергирования распыляемых препаратов предлагается готовить жидкостно-воздушную смесь с широким диапазоном изменения количества воздуха в растворе жидких минеральных удобрений и пестицидов путем подачи под давлением через эжектирующее отверстие распылителя дополнительное регулируемое количество воздуха [3]. Чтобы расширить процесс образования и сохранения жидкостно-воздушной смеси, устанавливают на весь опрыскиватель общий смеситель (рисунок 1) [4, 5].

Рисунок 1 – Узел приготовления жидкостно-воздушной смеси
на опрыскивателе ОП-2000/18: 1- площадка опрыскивателя; 2 –смеситель; 3 - воздуховод

В результате обработки полученных экспериментальных данных микрокопирования капель на учетных карточках и распределения их по классам (рисунок 2) установлено, что при распылении жидкостно-воздушной смеси качество капель среднего и малого размера значительно выше, чем при распылении одной только жидкости без воздуха. Так количество капель до 200 мкм распыляемой жидкостно-воздушной смеси и жидкости без воздуха равно 82 и 43% соответственно.

Насыщение рабочей жидкости, перекачиваемой насосом от ёмкости опрыскивателя к распылителям достигалась подачей в один из нагнетательных шлангов воздуха под давлением 0,4-0,5МПа. Результаты исследований приведены в таблице и на рисунке 3, анализ которых показывает, что нагнетанием воздуха рабочее давление жидкостно-воздушной смеси повышалось на 14-30%, а её расход снижался на 16,6-21,5% соответственно.



а) б)

а) – жидкостно-воздушная смесь; б) – рабочая жидкость без насыщения воздухом

Рисунок 2 – Распределение капель (мкм) по размерным группам

Таблица – Расход жидкости без воздуха и с его подачей при разном давлении

Вариант опыта	Давление, МПа			Расход, л/мин						Снижение расхода жидкостно-воздушной смеси, %
	Жидкости	Подаваемого воздуха	Смеси жидкости с воздухом	Жидкости	Среднее арифметическое	Среднеквадратичное отклонение, σ, %	Жидкостно-воздушная смесь	Среднее арифметическое	Среднеквадратичное отклонение, σ, %	
1	0,30	0,50	0,45	2,2	2,0	8,2	1,7	1,57	9,4	21,5
2				2,0			1,5			
3				1,8			1,5			
4	0,30	0,40	0,35	2,0	2,08	3,2	1,66	1,74	4,3	16,6
5				2,16			1,86			
6				2,1			1,70			

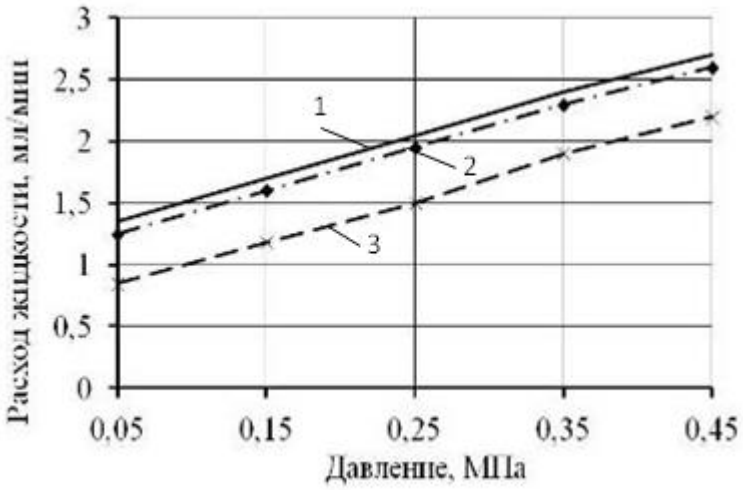


Рисунок 3 – Расход жидкости и жидкостно-воздушной смеси
в зависимости от давления: 1- теоретическая кривая; 2,3 – экспериментальные кривые расхода жидкости и жидкостно-воздушной смеси

Выводы. На основании проведенных исследований определены возможность повышения качества опрыскивания полевых культур с использованием эжектора, устанавливаемого на опрыскиватель. Это позволило получить средне- и мелкокапельное распыление при рабочих давлениях в 1,5-2,0 раза ниже по сравнению с давлением одной только жидкости. Доля капель до 200 мкм жидкостно-воздушной смеси и жидкости без воздуха при листовой подкормке подсолнечника была равна 82% и 43% соответственно. При выходе из распылителя жидкостно-воздушной смеси воздух интенсивно дробит струю жидкости, способствует осаждению капель, улучшая тем самым плотность покрытия обрабатываемых растений в 2,7 раза, снижая при этом в 1,7 раза полидисперсность распыляемых капель. Насыщение рабочей жидкости воздухом приводи к снижению её расхода на 16,6-21,5%.

Список литературы

1. Пахомов В.И. Технологии внесения органических, минеральных, микроэлементных удобрений для повышения урожайности и качества продукции полеводства в условиях недостаточного увлажнения / В.И. Пахомов, В.Б. Рыков, С.И. Камбулов, В.И. Вялков, Н.В. Шевченко, А.Я. Ксенз, В.М. Мажара // Монография. – Зерноград, ГНУ СКНИИМЭСХ Россельхозакадемии. – 2013. – 140 с.

2. Камбулов С.И. Повышение эффективности технологий листовой подкормки сельскохозяйственных культур / С.И. Камбулов, В.И. Вялков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2011. – №8. – С. 17-18.

3. Патент 2390128 С1 Россия, МПК А01М 7/00 Способ опрыскивания сельскохозяйственных культур / В.И. Вялков, Ю.Н. Волгин, В.А. Вялых: – №2008 144847; Заявл. 13.11.08; Опубл. 27.05.10, Бюл. №15, – 4 с.: ил.

4. Камбулов С.И. Переоборудование опрыскивателя / С.И. Камбулов, В.И. Вялков // Сельский механизатор. – 2010. – №10. – С. 16.

5. Патент 2305938 С2 Россия, МПК А01М 7/00 Дозатор смеситель опрыскивателя/ В.А. Вялых, В.Т. Алёхин, В.И. Вялков и др.: – №2005 114593/12; Заявл. 13.12.05; Опубл. 20.09.2007, Бюл. №26, – 5 с.

References

1. Pahomov V.I. Tehnologii vneseniya organicheskih, mineralnyh, mikroelementnyh udobreniy dlya povysheniya urozhaynosti i kachestva produkcii polevodstva v usloviyah nedostatochnogo

uvlazhneniya / V.I. Pahomov, V.B. Rykov, S.I. Kambulov, V.I. Vyalkov, N.V. Shevchenko, A.Ya. Ksenz, V.M. Mazhara // Monografiya. – Zernograd, GNU SKNIIMESH Rosselhozakademii. – 2013. – 140 s.

2. Kambulov S.I. Povyshenie effektivnosti tehnologiy listovoy pod-kormki selskohozyaystvennyh kultur / S.I. Kambulov, V.I. Vyalkov // Mehanizaciya i elektrifikaciya selskogo hozyaystva. – 2011. – №8. – S. 17-18.

3. Patent 2390128 S1 Rossiya, MPK A01M 7/00 Sposob opryskivaniya selskohozyaystvennyh kultur / V.I. Vyalkov, Yu.N. Volgin, V.A. Vyalyh: – №2008 144847; Zayavl. 13.11.08; Opubl. 27.05.10, Byul. №15, – 4 s.: il.

4. Kambulov S.I. Pereoborudovanie opryskivatelya / S.I. Kambulov, V.I. Vyalkov // Selskiy mehanizator. – 2010. – №10. – S. 16.

5. Patent 2305938 S2 Rossiya, MPK A01M 7/00 Dozator smesitel opryskivatelya/ V.A. Vyalyh, V.T. Alyohin, V.I. Vyalkov i dr.: – №2005 114593/12; Zayavl. 13.12.05; Opubl. 20.09.2007, Byul. №26, – 5 s.

УДК 621.822.6.004.67: 668.3: 631.3.02

ПАРАМЕТРЫ КОНТАКТА В РОЛИКОПОДШИПНИКЕ ВОССТАНОВЛЕННОМ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ПОЛИМЕР-ПОЛИМЕРНОЙ КОМПОЗИЦИЕЙ

Ли Роман Иннокентьевич,
доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой транспортных средств и техносферной безопасности, Липецкий государственный технический университет, Российская Федерация, г. Липецк,
Мироненко Александр Вячеславович,
аспирант кафедры транспортных средств и техносферной безопасности
Липецкий государственный технический университет,
Российская Федерация, г. Липецк, E-mail: romanlee@list.ru

Реферат. *Известно, что при конструировании опор валов в механизмах широко используют подшипники качения, ресурс которых в значительной степени зависит от контактных напряжений между телами и дорожками качения. Использован метод повышения долговечности подшипниковых узлов за счет восстановление с применением полимерных материалов. При этом нагрузка на центральное тело качения подшипника снижается и перераспределяется на боковые тела качения, что приводит к увеличению ресурса подшипника. Приведены методика и результаты экспериментальных исследований распределения нагрузки между телами качения в роликоподшипнике, восстановленном перспективным полимерным композиционным материалом на основе акрилового адгезива. В качестве наполнителя использовали раствор эластомера. Построен тарировочный график, позволяющий по ширине пятна контакта определять значения нагрузки на тела качения. Проведено сравнение размеров пятен контакта для стандартного и восстановленного подшипников. Вычислены контактные напряжения в контакте центральных тел качения и дорожек качения наружного кольца. Вычислены коэффициенты распределения нагрузки между телами качения для исследуемых подшипников. В результате исследований установлено, что нагрузка в роликоподшипнике, восстановленном полимер-полимерной композицией распределяется*

между телами качения более равномерно, на центральное тело качения она заметно ниже. Это приводит к соответствующему снижению контактных напряжений и создает условия для увеличения срока службы подшипника.

Ключевые слова: *подшипник, полимер, контакт, нагрузка, напряжение.*

CONTACT PARAMETERS IN ROLLER BEARING RESTORED BY PERSPECTIVE POLYMER-POLYMER COMPOSITION

Li Roman Innokentevich
Dr. Sci. (Tech.), Prof.,head of the department of Vehicles and technosphere safety,
Lipetsk State Technical University,Russian Federation, Lipetsk,
Mironenko Aleksander Vyacheslavovich
post-graduate student, department of Vehicles and technosphere safety
Lipetsk State Technical University,
Russian Federation, Lipetsk, E-mail: romanlee@list.ru

Abstract. *It is known that in the construction of shaft supports for bearings are widely used in machinery, in which resource largely depends on the contact stresses between the bodies and the raceways. A method for increasing the durability of the bearing assemblies due to restoration using polymer materials is used. Load of the central rolling body of the bearing decreases and redistributed on side rolling bodies that lead to increase resource of bearing. The technique and results of experimental studies of load dispatch between rolling bodies in roller bearing recovered by perspective polymeric composition material based on acrylic adhesive are given. As a filler used elastomer. Calibration graph, allowing to determine load on the rolling bodies by width of contact piece, is constructed. Comparison sizes of contact piece to standard bearing is carried out. Contact tension in contact of central rolling body and rolling paths of outer ring is calculated. Coefficients of loading distribution between roller bodies for the studied bearings are calculated. As a result of researches it is established that load in roller bearing recovered by polymer-polymer composition is distributed between rolling bodies more evenly, on central rolling body it is much lower. It leads to corresponding decrease of contact tensions and creates conditions for increase life cycle of bearing.*

Keywords: *bearing, polymer, contact, load, tension*

Введение. Увеличение срока службы подшипниковых узлов является актуальной технической задачей. Одним из путей повышения долговечности подшипников качения является снижение контактных напряжений, возникающих в контакте тел и дорожки качения. Напряжения зависят от нагрузки на тела качения. Полимерный материал, нанесенный на наружное кольцо подшипника, выполняет роль упругой подкладки, и при приложении радиальной нагрузки на подшипник, наружное кольцо последнего деформируется. Исследования шарикоподшипников, восстановленных полимерными материалами, показали, что нагрузка на центральное тело качения снижается и перераспределяется на боковые тела качения, что существенно снижает контактные напряжения и многократно повышает срок службы подшипниковых узлов [1…3]. Подобные исследования для восстановленных полимерными материалами роликоподшипников до настоящего времени проводились ограниченно и исследование данного вопроса представляет научный интерес [4].

Долговечность восстановленного подшипникового узла в значительной степени определяется ресурсом полимерного материала, а перераспределение нагрузки между телами качения зависит от его деформационно-прочностных свойств. Одним из направлений, обеспечивающим увеличение ресурса и необходимых деформационно-прочностных свойств полимерных материалов является эластификация акриловых адгезивов, которые относятся к категории "жестких" полимеров [5]. Представляет научный и практический интерес исследование распределения нагрузки между телами качения в подшипниках, восстановленных новыми полимерными композиционными материалами.

Методика исследований. Цель исследований заключалась в изучении распределения нагрузки между телами качения роликоподшипника, восстановленного новой полимер-полимерной композицией. Объектом исследования являлся подшипник 42209 с однобортовым внутренним кольцом, в первом случае без полимерного материала, во втором случае со слоем полимерного материала на наружном кольце.

Полимерный материал – композицию на основе акрилового адгезива А (100 масс. ч.) с наполнителем из эластомера В (12 масс. ч.) наносили на наружное кольцо подшипника кистью. Отверждение полимера проводили в течение 24 ч. Толщина слоя полимерного материала составляла 0,2 мм.

Пятно контакта в роликоподшипнике представляет собой прямоугольник с длиной равной длине ролика l_p и шириной b, которая зависит от нагрузки на подшипник [6]. На начальном этапе исследований строили тарировочный график, по которому возможно определять значения нагрузки Q на тело качения по размеру пятна контакта. Затем по тарировочному графику определяли нагрузки на тела качения.

Нагрузку на подшипник осуществляли на специальном стенде. Для построения тарировочного графика нагружали один ролик (рис. 1а), для исследования распределения нагрузки между телами качения – 7 роликов (рис. 1б). Центральное тело качения устанавливалось вдоль оси действия нагрузки.

Испытания проводили при нагрузках P = 4940; 6980; 9010 Н. Через 0,25 ч нагрузку снимали и разбирали подшипник. Пятна контакта (отпечатки) на белой глянцевой бумаге исследовали микроскопом МПБ-2, определяя значения ширины b пятен контакта с дорожкой качения наружного кольца подшипника. Площадь пятна контакта определяли по формуле $F = l_p b$.

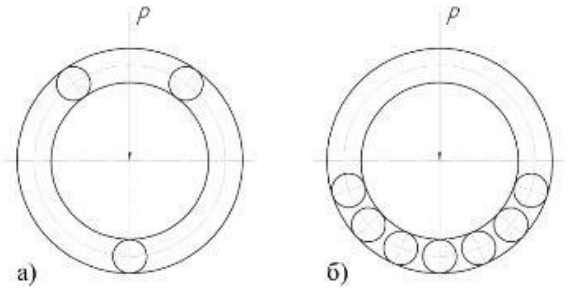


Рисунок 1 – Схема расположения тел качения в подшипнике для построения тарировочного графика (а), для исследования распределения нагрузки (б)

Контактные напряжения под центральным телом качения рассчитывали по формуле

$$\sigma_0 = \frac{2Q_0}{\pi l_p b_0},$$

где b_0 – ширина пятна контакта под центральным телом качения, Q_0 – нагрузка на центральное тело качения.

Коэффициенты распределения нагрузки между центральным и первыми боковыми телами качения и между центральным и вторыми боковыми телами качения определяли по формулам

$$k_{p1} = \frac{Q_1}{Q_0};\ k_{p2} = \frac{Q_2}{Q_0},$$

где Q_0, Q_1, Q_2 – нагрузки на центральное, первое и второе боковое тела качения.

Результаты исследований. Полученный на первом этапе исследований тарировочный график приведен на рис. 2. Нагрузки на тела качения и контактные напряжения в контакте центрального тела качения и наружного кольца в стандартном и восстановленном полимерным материалом роликоподшипниках приведены в таблицах 1 и 2.

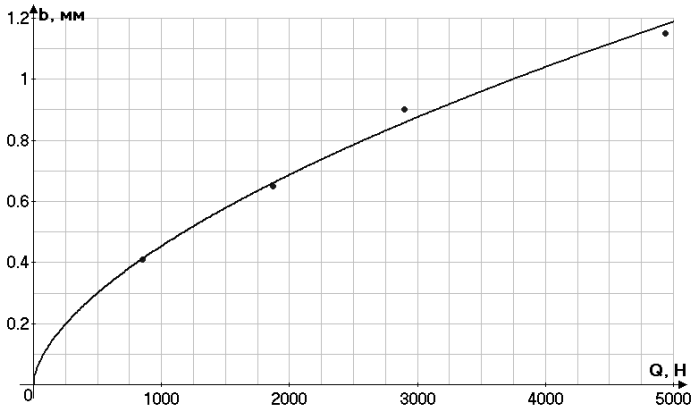


Рисунок 2 – Зависимость ширины пятна контакта *b* между телом и дорожкой качения наружного кольца подшипника 42209 от нагрузки Q на тело качения

Таблица 1 – Распределение нагрузки между телами качения подшипника 42209 без полимерного материала

Обозначения	**Нагрузка на подшипник P, Н**		
	4940	**6980**	**9010**
Центральное тело качения			
b_0, мм (ширина пятна контакта)	0,57	0,70	0,82
S_0, мм² (площадь контакта)	5,7	7,0	8,2
Q_0, Н (нагрузка на центральное тело качения)	1450	2050	2650
σ_0, МПа (контактное напряжение)	168	187	206
Первое боковое тело качения			
b_1, мм (ширина пятна контакта)	0,52	0,64	0,75
S_1, мм² (площадь контакта)	5,2	6,4	7,5
Q_1, Н (нагрузка на первое боковое тело качения)	1250	1750	2250
Второе боковое тело качения			
b_2, мм (ширина пятна контакта)	0,40	0,48	0,57
S_2, мм² (площадь контакта)	4,0	4,8	5,7
Q_2, Н (нагрузка на второе боковое тело качения)	800	1100	1450
Третье боковое тело качения			
b_2, мм (ширина пятна контакта)	0,20	0,25	0,27
S_2, мм² (площадь контакта)	2,0	2,5	2,7
Q_2, Н (нагрузка на третье боковое тело качения)	250	350	450

Таблица 2 – Распределение нагрузки между телами качения подшипника 42209 с полимерным материалом

Обозначения	**Нагрузка на подшипник P, Н**		
	4940	**6980**	**9010**
Центральное тело качения			
b_0, мм (ширина пятна контакта)	0,55	0,68	0,78
S_0, мм² (площадь контакта)	5,5	6,8	7,8
Q_0, Н (нагрузка на центральное тело качения)	1350	1900	2400
σ_0, МПа (контактное напряжение)	156	177	195
Первое боковое тело качения			
b_1, мм (ширина пятна контакта)	0,53	0,65	0,75
S_1, мм² (площадь контакта)	5,3	6,5	7,5
Q_1, Н (нагрузка на первое боковое тело качения)	1300	1850	2350
Второе боковое тело качения			
b_2, мм (ширина пятна контакта)	0,42	0,57	0,62
S_2, мм² (площадь контакта)	4,2	5,7	6,2
Q_2, Н (нагрузка на второе боковое тело качения)	900	1300	1700
Третье боковое тело качения			
b_2, мм (ширина пятна контакта)	0,20	0,28	0,30
S_2, мм² (площадь контакта)	2,0	2,8	3,0
Q_2, Н (нагрузка на третье боковое тело качения)	250	400	500

По данным таблиц 1 и 2 построили графики, показывающие распределение нагрузки между телами качения в стандартном подшипнике и в подшипнике с полимерным материалом (рис. 3).

Из полученных результатов видно, что нагрузка на центральное тело качения в восстановленном полимерным материалом подшипнике при исследованных радиальных нагрузках ниже в среднем на 10%, а на первые и вторые боковые тела качения выше на 5% и 17% соответственно в сравнении со стандартным подшипником. Так же как и в шарикоподшипниках с полимерным материалом нагрузка перераспределяется с центрального на боковые тела качения.

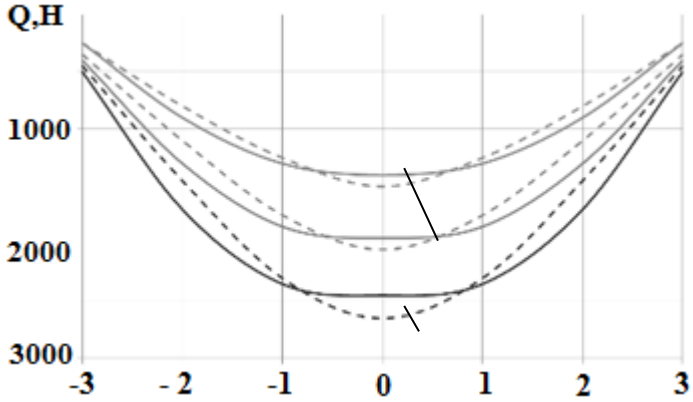


Рисунок 3 – Распределение нагрузки между телами качения в стандартном подшипнике (пунктирные линии) и подшипнике с полимерным материалом (сплошные линии) при радиальной нагрузке 4940Н (1), 6980Н (2) и 9010Н (3):

0; ±1; ±2; ±3 – центральное, первые, вторые и третьи тела качения соответственно

Коэффициенты распределения нагрузки для роликоподшипника 42209 (стандартного и с полимерным материалом) приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Коэффициенты распределения нагрузки между телами качения в стандартном роликоподшипнике 42209 и в подшипнике с полимерным материалом

Коэффициент распределения нагрузки	Нагрузка на подшипник P, Н		
	4940	6980	9010
Стандартный подшипник			
k_{p1}	0,83	0,85	0,86
k_{p2}	0,53	0,54	0,54
Подшипник с полимерным материалом			
k_{p1}	0,962	0,974	0,980
k_{p2}	0,667	0,684	0,694

Коэффициент распределения нагрузки для подшипника с полимерным материалом между центральным и первыми боковыми телами качения на 15% больше по сравнению со стандартным подшипником и приближается к единице. Коэффициент распределения нагрузки между центральным телом качения и вторыми боковыми телами качения в металлополимерном подшипнике так же выше на 26% аналогичного показателя для стандартного подшипника.

Контактные напряжения в месте контакта центрального тела с дорожкой качения наружного кольца будут самыми высокими в подшипнике, так как сила, передающаяся через центральное тело качения на дорожку качения наружного кольца больше сил, передающихся от боковых тел качения ($Q_0>Q_1>Q_2$). Поэтому от напряжения в контакте центрального тела с дорожкой качения будет зависеть долговечность всего подшипника. Рассчитав напряжения в зоне контакта центрального тела и дорожки качения наружного кольца получили, что в подшипнике с полимерным покрытием контактные напряжения до 7,6% меньше чем в стандартном подшипнике. Известно, что даже незначительное снижение контактных напряжений может привести к значительному повышению долговечности подшипника [2, 6].

Выводы:

1. В результате экспериментальных исследований установлено, что при радиальном нагружении роликоподшипника с полимерным покрытием происходит перераспределение нагрузки с центрального на боковые тела качения. Нагрузка на центральное тело качения уменьшается, а на боковые тела качения увеличивается.

2. Применение полимер-полимерной композиции с исследуемым составом для восстановления подшипниковых узлов является перспективным. При этом обеспечивается более равномерное распределение нагрузки между телами качения в подшипнике.

3. Снижение нагрузки на центральное тело качения приводит к соответствующему снижению контактных напряжений и создает условия для увеличения срока службы роликоподшипника.

Список литературы

1. Курчаткин В.В. Восстановление посадок подшипников качения сельскохозяйственной техники полимерными материалами. – Дис ... док. техн. наук. – М., 1989, – 407с.

2. Ли Р. И. Восстановление неподвижных соединений подшипников качения сельскохозяйственной техники полимерными материалами [Текст]: дис ... докт. техн. наук. / Ли Р. И. – М., 2001, – 340 с.

3. Ли, Р.И. Применение полимерных материалов в подшипниковых узлах при изготовлении и ремонте машин [Текст]: монография / Р.И. Ли. - Мичуринск: Издательство МичГАУ, 2010 – 169 с.

4. Ли, Р.И. Расчет параметров контакта нагруженных тел с дорожкой качения наружного кольца в металлополимерном роликоподшипнике [Текст] / Р. И. Ли, А. В. Мироненко // Известия МГТУ «МАМИ» - 2015. - №4(26), т. 1 – С. 65-70.

5. Бутин А.В. Повышение эффективности восстановления неподвижных соединений подшипников качения сельскохозяйственной техники полимер-полимерными композициями [Текст]: дис ... канд. техн. наук. / Бутин А. В. – Мичуринск, 2011, – 127 с.

6. Перель Л.Я. Подшипники качения: Расчет, проектирование и обслуживание опор: Справочник. – М.: Машиностроение, 1983. – 543 с., ил.

References

1. Kurchatkin V.V. Vosstanovlenie posadok podshipnikov kachenija sel'skoho-zjajstvennoj tehniki polimernymi materialami. – Dis ... dok. tehn. nauk. – M., 1989, – 407s.

2. Li R. I. Vosstanovlenie nepodvizhnyh soedinenij podshipnikov kachenija sel'skohozjajstvennoj tehniki polimernymi materialami [Tekst]: dis ... dokt. tehn. nauk. / Li R. I. – M., 2001, – 340 s.

3. Li, R.I. Primenenie polimernyh materialov v podshipnikovyh uzlah pri izgotovlenii i remonte mashin [Tekst] : monografija / R.I. Li. - Michurinsk: Izdatel'stvo MichGAU, 2010 – 169 s.

4. Li, R.I. Raschet parametrov kontakta nagruzhennyh tel s dorozhkoj kache-nija naruzhnogo kol'ca v metallopolimernom rolikopodshipnike [Tekst] / R. I. Li, A. V. Mironenko // Izvestija MGTU «MAMI» - 2015. - №4(26), t. 1 – S. 65-70.

5. Butin A.V. Povyshenie jeffektivnosti vosstanovlenija nepodvizhnyh soedinenij podshipnikov kachenija sel'skohozjajstvennoj tehniki polimer-polimernymi kompozicijami [Tekst]: dis ... kand. tehn. nauk. / Butin A. V. – Michurinsk, 2011, – 127 s.

6. Perel' L.Ja. Podshipniki kachenija: Raschet, proektirovanie i obsluzhi-vanie opor: Spravochnik. – M.: Mashinostroenie, 1983. – 543 s., il.

УДК: 631.17: 632.982: 632.954:544

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ ТОКСИЧНОСТИ ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Рыков Виктор Борисович
доктор технических наук, главный научный сотрудник,
Северо-Кавказский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства, г. Зерноград, Ростовская область.
Камбулов Сергей Иванович
доктор технических наук, главный научный сотрудник,
Северо-Кавказский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства, г. Зерноград, Ростовская область,
E-mail: kambulov.s@mail.ru
Камбулов Иван Аликанович
кандидат технических наук, старший научный сотрудник,

Северо-Кавказский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства, г. Зерноград, Ростовская область,
Колесник Валентина Владимировна
научный сотрудник,
Северо-Кавказский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства, г. Зерноград, Ростовская область,
Дёмина Елена Борисовна
научный сотрудник,
Северо-Кавказский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства, г. Зерноград, Ростовская область,
Ридный Сергей Дмитриевич
кандидат технических наук, доцент
ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет», г. Ставрополь

Реферат. *Известно, что одним из перспективных направлений ресурсосбережения при возделывании озимой пшеницы является применение минимальных, а в некоторых случаях нулевых технологий. Установлено, что в настоящее время отсутствует научное обоснование использования технологий, исключающих обработку почвы, с энергетической, агротехнической, экономической и экологической точек зрения. Показано, что особенно актуальной является экологическая составляющая данной технологии, так как она затрагивает качество получаемой продукции. Рассмотрена возможность и представлены результаты исследований возделывания озимой пшеницы по различным технологиям в условиях недостаточного и неустойчивого увлажнения юга России. Экспериментальные исследования проводились в условиях стационарного опыта с различными вариантами обработки почвы, включая вариант без обработки почвы. Определены показатели токсичности зерна озимой пшеницы в зависимости от технологий обработки почвы и предшественников. Во всех рассматриваемых случаях (технология возделывания, предшественник) полученные показатели токсичности значительно ниже допускаемых значений. Показано, что наличие токсичных элементов, пестицидов, радионуклидов одинаковы для всех вариантов опыта и не являются ограничением применения нулевых технологий. Для определения влияния технологий обработки почв и предшественников на динамику накопления микотоксинов проведен ROC-анализ экспериментальных данных. Установлено, что на наличие микотоксинов технологии оказывают влияние (S=0,765), в то время как предшественники незначительно влияют на динамику токсичности зерна (S=0,556). Сделано заключение, что использование нулевых технологий не ухудшает экологические показатели получаемой продукции.*

Ключевые слова*: технология, озимая пшеница, обработка почвы, показатели токсичности, комбинированный агрегат.*

INFLUENCE OF CULTIVATION TECHNOLOGIES ON THE PERFORMANCE OF WINTER WHEAT TOXICITY

Rykov Victor Boricovich,
Dr. Sci. (Tech.), Chief Researcher,
Federal state research institution of the North-Caucasian scientific research Institute of mechanization and electrification of agriculture, Zernograd, Rostov Region.

Kambulov Sergei Ivanovich,
Dr. Sci. (Tech.), Chief Researcher,
Federal state research institution of the North-Caucasian scientific research Institute of mechanization and electrification of agriculture, Zernograd, Rostov Region.
Kambulov Ivan Alikanovich
Cand. Sci. (Tech.), Senior Researcher,
Federal state research institution of the North-Caucasian scientific research Institute of mechanization and electrification of agriculture, Zernograd, Rostov Region.
Kolesnik Valentina Vladimirovna
Researcher, Federal state research institution of the North-Caucasian scientific research Institute of mechanization and electrification of agriculture, Zernograd, Rostov Region.
Demina Elena Borisovna
Researcher, Federal state research institution of the North-Caucasian scientific research Institute of mechanization and electrification of agriculture, Zernograd, Rostov Region.
Ridnyi Sergey Dmitrievich
Cand. Sci. (Tech.), Assoc. Prof., Federal State Educational Institution of Higher Education "Stavropol State Agrarian University", Stavropol

Abstract. *It is known that one of the promising areas of resource conservation in the cultivation of winter wheat is the application of the minimum, and in some cases zero technology. It was found that there is currently no scientific justification for the use of technology, eliminating tillage, with energy, agronomic, economic and environmental points of view. It is shown that especially relevant is the environmental component of this technology, as it affects the quality of the products. The possibility is considered and the results of the winter wheat growing research on different technologies in low and unreliable moistening the south of Russia are presented. Experimental studies were carried out in a stationary experiment with different variants of soil cultivation, including the option of no tillage. Toxicity index of winter wheat depending on soil cultivation technologies and precursors are determined. In all these cases (cultivation technology, a precursor) obtained indicators of toxicity is much lower permissible values. It is shown that the presence of toxic elements, pesticides, radionuclides are the same for all variants of the experiment and are not a limitation on the use of zero technology. To determine the influence of soil and predecessors processing technologies on the dynamics of accumulation of mycotoxins held ROC-analysis of experimental data. It was established that the presence of mycotoxins affect technology (S = 0,765), while the precursors significantly affect the dynamics of the grain toxicity (S = 0,556). Thus, the use of direct seeding does not impair the environmental performance of the products.*

Keywords: *technology, winter wheat, tillage, toxicity index, combined aggregate.*

Введение. В последние годы земледельцы проявляют все больший интерес к минимальным технологиям, а именно к технологиям возделывания исключающим обработку почвы [1]. Использование этих технологий подразумевает химические меры борьбы с сорняками, болезнями и вредителями, что увеличивает нагрузку на экологичность получаемой продукции. В связи с этим проведение исследований направленных на изучение экологической чистоты продукции растениеводства при использовании нулевых технологий является актуальной задачей.

Целью исследований является определение влияния технологий возделывания озимой пшеницы на токсичность зерна.

Материалы и методы. Исследования проводились в 2013-2015 гг. в условиях стационарного опыта ФГБНУ СКНИИМЭСХ. Почвенный покров представлен черноземом обыкновенным с содержанием гумуса 3,2%. Среднегодовое количество осадков составило 560-600 мм, температура воздуха 9,6°С, влажность воздуха – 56% [2].

При возделывании озимой пшеницы использовались четыре вида технологий обработки почвы: поверхностная, мелкая, отвальная, нулевая. Обработка почвы осуществлялась комбинированными агрегатами, разработанными в ФГБНУ СКНИИМЭСХ [3, 4]. Посев осуществлялся сеялкой зерновой стерневой универсальной СЗС-4У [5].

В качестве показателей экологичности зерна озимой пшеницы определялись: токсичные показатели, микотоксины, пестициды, радионуклиды.

Математическую обработку опытов проводили методами дисперсного и корреляционного анализа [6] и ROC-анализа [7].

Результаты и обсуждения.

В таблице приведены результаты экспериментальных исследований по определению токсичности зерна озимой пшеницы в условиях различных технологий её производства.

Таблица – Показатели токсичности зерна озимой пшеницы

Наименование показателей	Традиционная технология			Нулевая технология		
	Значения показателей по повторностям					
	1	2	3	1	2	3
1	2	3	4	5	6	7
Предшественник – соя						
Токсичные элементы, (мг/кг)						
Свинец	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Кадмий	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Ртуть	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Микотоксины, (мг/кг)						
АфлатокинВ1	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Т-2 токсин	<0,002	<0,001	<0,002	<0,001	<0,003	<0,003
Охратоксин А	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,003	<0,001
Пестициды, (мг/кг)						
ГХЦГ	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
ДДТ	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
2,4Д	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Ртуть органич.	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Радионкулиды, (Бк/кг)						
Цезий-137	0	0	0	0	0	0
Стронций-90	0	0	0	0	0	0
Предшественник – горох						
Токсичные элементы, (мг/кг)						
Свинец	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Кадмий	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Ртуть	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7
Микотоксины, (мг/кг)						
АфлатокинВ1	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Т-2 токсин	<0,001	<0,001	<0,001	<0,002	<0,003	<0,001
Охратоксин А	<0,001	<0,001	<0,001	<0,002	<0,002	<0,001
Пестициды, (мг/кг)						
ГХЦГ	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
ДДТ	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
2,4Д	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Ртуть органич.	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Радионкулиды, (Бк/кг)						
Цезий-137	0	0	0	0	0	0
Стронций-90	0	0	0	0	0	0

Анализируя полученные результаты можно сделать следующие выводы, которые не требуют проверки статистическими критериями, так как несомненны по своей сути: во всех рассматриваемых случаях, то есть и по технологиям производства озимой пшеницы, и по предшественникам, полученные показатели токсичности зерна значительно меньше допускаемых значений; а такие показатели, как наличие токсичных элементов, пестицидов и радионуклидов одинаковы для всех вариантов опытов, то есть эти показатели не зависят от технологий обработки почвы и, следовательно, не являются ограничением применения технологии нулевой обработки почвы. Некоторая вариация показателей наблюдается только по микотоксинам и только для Т-2 токсина и охратоксина А.

Для определения влияния технологий обработки почвы и предшественников озимой пшеницы на динамику микотоксинов был проведен ROC-анализ полученных экспериментальных данных, результаты которого приведены на рисунке. Количественной оценкой рассматриваемого влияния при ROC – анализе является площадь под кривой.

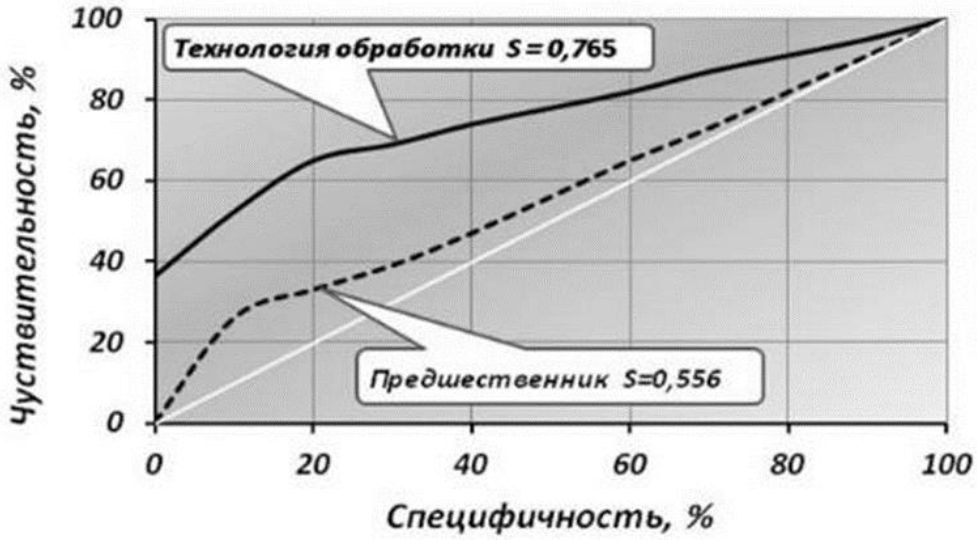


Рисунок – Результаты ROC-анализа влияния технологии обработки почвы и предшественников на токсичность зерна озимой пшеницы

Из приведенного рисунка видно, что наибольшее влияние на токсичность зерна озимой пшеницы оказывают технологии обработки почвы, так как площадь под кривой составляет S=0,765, что по существующей шкале оценки качества модели [8] соответствует значению –

хорошая. В тоже время влияние предшественников озимой пшеницы на динамику токсичности зерна незначительное (S = 0,556).

Выводы. В результате исследований установлено, что показатели токсичности зерна значительно меньше допускаемых значений. Наибольшее влияние на динамику микотоксинов зерна озимой пшеницы оказывают технологии обработки почвы, так как площадь под кривой ROC-анализа составляет S=0,765, в тоже время влияние предшественников озимой пшеницы на динамику токсичности зерна незначительное (S = 0,556). В условиях 2013-2015 гг. показатели наличия токсичных элементов, пестицидов и радионуклидов что по традиционной, что по нулевой технологиям возделывания озимой пшеницы одинаковые и в разы ниже допустимых значений. Это означает, что использование нулевых технологий не ухудшает экологичность получаемой продукции.

Список литературы

1. Дридигер В.К. Методические подходы к изучению системы земледелия без обработки почвы / В.К. Дредигер // Земледелие. – 2014. – №7. – С. 24-27.

2. Рыков В.Б. Статистическая динамика природно-климатических факторов и урожайность зерновых колосовых культур / В.Б. Рыков, С.И. Камбулов, И.А. Камбулов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2013. – № 6. – С. 22-24.

3. Рыков В.Б. Особенности возделывания озимой пшеницы в условиях недостаточного увлажнения Ростовской области / В.Б. Рыков, С.И. Камбулов, И.А. Камбулов, В.И. Вялков, В.И. Таранин, Н.В. Шевченко, Н.Г. Янковский // Зерноград, ВНИПТИМЭСХ. – 2010. – 172 с.

4. Рыков В.Б. Организационно-технологический проект производства сильных и твердых (ценных) пшениц в условиях недостаточного увлажнения с использованием комплексов машин с адаптивными рабочими органами // В.Б. Рыков, С.И. Камбулов, И.А. Камбулов, В.И. Вялков, Н.В. Шевченко, В.И. Таранин / Зерноград, ВНИПТИМЭСХ. – 2010. – 147 с.

5. Пахомов В.И. Результаты сравнительной оценки механизированных технологий возделывания зерновых культур / В.И. Пахомов, В.Б. Рыков, С.И. Камбулов // Зерновое хозяйство России. – 2016. – № 1. – С. 58-62.

6. Политова И.Д. Дисперсионный и корреляционный анализ в экономике / И.Д. Политова. – М.: Экономика. – 1972. – 222 с.

7. Грузуев А.В. Методы бинарной логистической регрессии в банковском скоринге. Риск-менеджмент в кредитной организации. – № 2. – 2012. – С. 76-91.

8. Биометрика. ROC-анализ. http://biometrika.ru

References

1. Dridiger V.K. Metodicheskie podhody k izucheniyu sistemy zemledeliya bez obrabotki pochvy / V.K. Drediger // Zemledelie. – 2014. – №7. – S. 24-27.

2. Rykov V.B. Statisticheskaya dinamika prirodno-klimaticheskih faktorov i urozhaynost zernovyh kolosovyh kultur / V.B. Rykov, S.I. Kambulov, I.A. Kambulov // Mehanizaciya i elektrifikaciya selskogo hozyaystva. – 2013. – № 6. – S. 22-24.

3. Rykov V.B. Osobennosti vozdelyvaniya ozimoy pshenicy v usloviyah nedostatochnogo uvlazhneniya Rostovskoy oblasti / V.B. Rykov, S.I. Kambulov, I.A. Kambulov, V.I. Vyalkov, V.I. Taranin, N.V. Shevchenko, N.G. Yankovskiy // Zernograd, VNIPTIMESH. – 2010. – 172 s.

4. Rykov V.B. Organizacionno-tehnologicheskiy proekt proizvodstva silnyh i tverdyh (cennyh) pshenic v usloviyah nedostatochnogo uvlazhneniya s ispolzovaniem kompleksov mashin s adaptivnymi rabochimi organami // V.B. Rykov, S.I. Kambulov, I.A. Kambulov, V.I. Vyalkov, N.V. Shevchenko, V.I. Taranin / Zernograd, VNIPTIMESH. – 2010. – 147 s.

5. Pahomov V.I. Rezultaty sravnitelnoy ocenki mehanizirovannyh tehnologiy vozdelyvaniya zernovyh kultur / V.I. Pahomov, V.B. Rykov, S.I. Kambulov // Zernovoe hozyaystvo Rossii. – 2016. – № 1. – S. 58-62.

6. Politova I.D. Dispersionnyy i korrelyacionnyy analiz v ekonomike / I.D. Politova. – M.: Ekonomika. – 1972. – 222 s.

7. Gruzuev A.V. Metody binarnoy logisticheskoy regressii v bankovskom skoringe. Risk-menedzhment v kreditnoy organizacii. – № 2. – 2012. – S. 76-91.

8. Biometrika. ROC-analiz. http://biometrika.ru

УДК 631.363

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ

Брусенков Алексей Владимирович,
кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Агроинженерия», ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», e-mail: aleksei_brusenkov@mail.ru

Капустин Василий Петрович,
доктор технических наук, профессор кафедры «Агроинженерия», ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», e-mail: prof@yandex.ru

Реферат. *Известно, что одним из важнейших условий успешного развития животноводства является создание прочной кормовой базы с необходимыми техническими средствами для ее производства и использования. Различные кормоприготовительные машины не всегда отвечают современным зоотехническим требованиям по качеству приготовления кормов. Установлено, что основной задачей кормопроизводства является получение качественных кормов с минимальными затратами энергии. Изучено измельчение корнеклубнеплодов. Выяснено, что большое разнообразие конструкций измельчителей корнеклубнеплодов связано с зональными особенностями кормов, условиями использования, поисками наиболее эффективных и рациональных конструкций машин. Предложена новая конструкция для измельчения корнеклубнеплодов, которая позволяет снизить удельный расход энергии при сохранении качества измельченного продукта. Описано устройство и принцип действия измельчителя, имеющего цилиндрический корпус и сменный блок ножей. Продемонстрированы его достоинства и недостатки. Показано, что схема рабочего процесса основана на вдавливании продукта в отверстия ножевой решётки концом витка шнека. Скорость выхода продукта через отверстия определяется глубиной вдавливания массы, которая в свою очередь зависит от напряжения сжатия материала. Приведены результаты теоретических исследований шнекового питателя с неподвижной ножевой кольцевой решёткой. Представлены аналитические формулы и выражения для определения конструктивных и режимных параметров, включающих определение производительности ножевой решетки и шнекового питателя.*

Ключевые слова: *измельчение, корнеклубнеплоды, ножевая решётка, шнековый питатель.*

JUSTIFICATION OF CONSTRUCTIVE PARAMETERS OF TUBER CROP SHREDDER

Brusenkov Aleksei Vladimirovich
Cand. Sci. (Tech.), Senior Teacher of "Agro-engineering" Department, Federal State Budgetary Educational Establishment of Higher Education "Tambov State Technical University" E-mail: aleksei_brusenkov@mail.ru
Kapustin Vasilii Petrovich
Dr. Sci. (Tech.), Professor of "Agro-engineering" Department, Federal State Budgetary Educational Establishment of Higher Education "Tambov State Technical University". E-mail: prof@yandex.ru

Abstract. *It is known that one of the most important conditions for the successful development of animal husbandry is the creation of a strong food base with the necessary technical equipment for its production and use. Various machines for forage preparation do not always meet modern zootechnical requirements for the preparation of quality feed. It was established that the main objective of forage production is to obtain a high-quality of fodder with minimum energy consumption. Shredding of root crops is studied. It was found that a wide variety of shredders designs for root crops is due to zonal features of the feed, the use of terms, the search for the most effective and efficient machine designs. The new design for the grinding of root crops, which reduces specific energy consumption while maintaining the quality the crushed product, is offered. The apparatus and operation principle of the chopper having a cylindrical body and a removable knife block is described. Its advantages and disadvantages are shown. It is shown that the workflow scheme is based on indentation of product to hole of blade grille by coil end of auger. The rate of product output through holes is defined by the depth of pressing mass, which in turn depends from the compression stress of the material. The results of theoretical studies of the screw feeder with a stationary blade ring bars are shown. Analytical formulas and expressions to determine the design and operational parameters, including the definition of performance blade grille and screw feeder are presented.*

Key words: *grinding, root crops, grill knife, a screw feeder.*

Введение. Корнеклубнеплоды в кормовом балансе занимают важное место и используются сельскохозяйственными животными всех видов. Культуры, относящиеся к этому виду, при соблюдении соответствующей агротехники, могут давать с единицы площади больше питательных веществ, чем травы и зерновые (кроме кукурузы). Они отличаются хорошими вкусовыми качествами, охотно поедаются животными, обладают прекрасными диетическими свойствами, представляют особую ценность для крупного рогатого скота и свиней. В связи с высоким содержанием воды (70…92%) эти культуры плохо хранятся, а из-за низкого содержания протеина, клетчатки, кальция и фосфора должны скармливаться как дополнительный корм к основному рациону. Наибольший эффект в животноводстве достигается при скармливании кормов в виде смесей, а получить их можно только путём смешивания измельченных кормов. Зоотехнические требования к приготовлению кормов в основном касаются степени их загрязнённости, измельчения и наличия вредных примесей [1,2].

Результаты и обсуждение. При подготовке кормов к скармливанию животным такие механизированные операции, как очистка, измельчение, запаривание и их смешивание, повышают усвояемость пищи организмом животного, увеличивают её питательность и вкусовые качества, сокращают затраты энергии животных на жевание, позволяют получать полно-

рационные кормовые смеси и т. д. Измельчение является одним из наиболее распространенных трудоёмких и энергоемких технологических процессов. Необходимо стремиться к повышению его эффективности путем совершенствования технологии и техники измельчения [1, 2].

Этим требованиям отвечает разработанное в ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» устройство для измельчения корнеклубнеплодов (рисунок), которое содержит цилиндрический корпус 1 со сменным блоком 2 ножей 3 [3,4]. Внутри корпуса 1 вертикально расположен шнек 4 с переменным шагом, уменьшающимся по направлению движения кормового продукта. Своим нижним концом шнек 4 опирается на упорный подшипник 5, который смазывается через пресс-маслёнку 6 и расположен в нижней опоре 7 блока 2 ножей 3. Верхний конец шнека также опирается на упорный подшипник, расположенный в верхней опоре (на рисунке не показан) и смазывается через пресс-маслёнку. Шнек приводится во вращение от мотор-редуктора 8. Сменный блок 2 крепится к корпусу 1 при помощи четырех шарнирных винтовых зажимов 9, которые позволяют его быстро снимать и устанавливать. Ножи выполнены из прямоугольных пластин, все острые кромки которых имеют одинаковые углы заточки и расположены в проточках сменного блока на определённом расстоянии друг от друга (с целью измельчения в соответствии с зоотехническими требованиями) под углом 90° и фиксируются от выпадения с помощью кольцевой подставки 11.

Устройство работает следующим образом. Предварительно очищенные от загрязнений корнеклубнеплоды загружаются сверху в приёмный бункер 10 цилиндрического корпуса. Далее под собственным весом они скатываются по наклонной стенке корпуса и захваченные навивкой вращающегося шнека 4, перемещаются в осевом направлении сверху вниз к блоку 2 ножей 3. Наличие у шнека 4 переменного шага, уменьшающегося по направлению движения кормового продукта, обеспечивает ему уплотнение при подходе к блоку ножей. Под действием сжатия и постоянного подпора со стороны шнека, корнеклубнеплоды, предварительно вдавливаются в ножевую решётку, а затем продавливаются через неё и выводятся из измельчающего устройства.

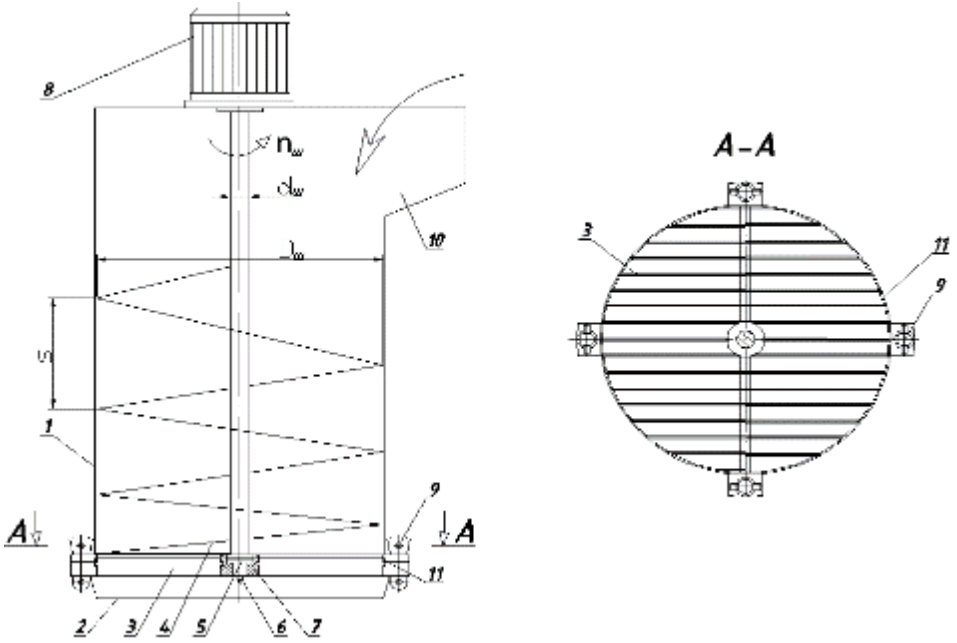


Рисунок – Конструктивно-технологическая схема устройства для измельчения корнеклубнеплодов.

Такая конструкция измельчителя корнеклубнеплодов исключает скопление продуктов между ножами сменного блока, обеспечивает быстрое снятие и установку самого блока для его замены или очистки, обеспечивает получение стабильной ширины стружки в соответствии с зоотехническими требованиями, повышает надёжность и долговечность всего устройства. В результате всё это приводит к повышению качества измельчения, эффективности работы устройства и позволяет снизить энергоемкость процесса измельчения.

Высокая производительность измельчителя с шнековым питателем, хорошее качество измельчения и небольшой удельный расход энергии могут быть обеспечены при условии подачи продукта к измельчающему аппарату в количестве, соответствующем его пропускной способности, то есть его производительности. Производительность режущего аппарата складывается из пропускной способности блока ножей (или ножевой решётки), производительности и режима работы шнека и зависит от физико-механических свойств измельчаемого материала.

Наиболее узким местом в измельчителе по производительности является ножевая решётка. При выборе параметров измельчителя, прежде всего учитывают зоотехнические требования к качеству продукта измельчения, которое зависит от размер отверстий (выходных окон) в ножевой решётке.

Исходными данными для расчета является общая производительность машины $Q_р$, расчетная длина резки $l_{расч}$ и допустимое сжатие материала при проходе через ножевую решётку, которое можно характеризовать объемной массой продукта $\lambda_р$. Для определения производительности ножевой решетки предлагается формула [4]:

$$Q_р = F_р \cdot \kappa_р \cdot \upsilon_{вых} \cdot \lambda_р \cdot \psi_р, \qquad (1)$$

где $Q_р$ – производительность, кг/сек; $F_р$ – площадь ножевой решётки, м^2; $\kappa_ð$ – коэффициент живого сечения ножевой решётки; $\upsilon_{вых}$ – скорость выхода продукта через межножевые отверстия, м/сек; $\lambda_р$ – объёмная масса продукта, проходящего через межножевые отверстия при оптимальном его сжатии, кг/м^3; $\psi_ð$ – коэффициент заполнения отверстий решётки.

Общая площадь ножевой решётки определяется по выражению:

$$F_р = \pi \cdot \left(R^2 - r_2\right)$$

Скорость выхода продукта через отверстия ножевой решётки можно определить приближенно па формуле:

$$\upsilon_{вых} = l_{расч} \cdot z \cdot n_ш,$$

где $l_{ðàñ÷}$ – расчетная длина резки, м; z – число ножей, шт.; $n_ø$ – частота вращения шнека, с$^{-1}$. После замены в формуле (1) $\upsilon_{âûõ}$ его значением получим:

$$Q_р = F_р \cdot \kappa_р \cdot l_{расч} \cdot z \cdot n_ш \cdot \lambda_р \cdot \psi_р \qquad (2)$$

Скорость выхода продукта $\upsilon_{âûõ}$ зависит от значения и направления равнодействующей сил, сжимающих и перемещающих элементарный объём измельчаемого продукта витком шнека, а также сил сопротивления выхода продукта через отверстия ножевой решётки. Значение и направление этих сил, а также скоростей, которые приобретает элементарный объём материала, определяются в основном схемой работы измельчающего аппарата. Так как схема рабочего процесса основана на вдавливании продукта в отверстия ножевой решётки концом

витка шнека, то скорость выхода продукта через эти отверстия определяется глубиной вдавливания массы, которая в свою очередь зависит от напряжения сжатия материала.

При установившемся режиме работы измельчающего аппарата количество материала, поступающего в камеру измельчения, должно быть равно количеству продукта, выходящего через отверстия ножевой решётки. Но в большинстве случаев материал за один оборот шнека не измельчается в достаточной степени для выхода продукта через отверстия решётки. Необходимо неоднократное перемещение материала в зоне ножевой решётки, чтобы обеспечить желаемую степень измельчения и выход его. В связи с этим действительная подающая способность шнека должна быть больше расчетной: $Q_{\text{д.п.ш.}} \succ Q_{\text{р.с.ш.}}$, где $Q_{\text{д.п.ш.}}$ – действительная подающая способность шнека, кг/сек; $Q_{\text{р.п.ш.}}$ – расчётная подающая способность шнек, кг/сек.

Соотношение между ними характеризует коэффициент использования подающей способности шнека - $\kappa_{\text{ï}}$, который зависит от физико-механических свойств и размерного состава измельчаемого материала, параметров межножевого пространства и коэффициента живого сечения ножевой решётки, площади контакта измельчаемого материала с поверхностью решётки, режима работы измельчающего аппарата и других факторов. В виду сложности рабочего процесса измельчения, значение коэффициента $\kappa_{\text{ï}}$ необходимо определять опытным путем.

Питателем режущего аппарата рассматриваемого измельчителя является шнек. Основное назначение его – обеспечить равномерную подачу продукта к измельчающему аппарату в соответствии с производительностью ножевой решётки. Кроме транспортировки, шнек в необходимой мере уплотняет массу, тем самым повышая коэффициент наполнения предкамерного пространства. Это необходимо для равномерной загрузки камеры и обеспечения условий для прохождения массы в отверстия решётки. Если коэффициент наполнения предкамерного пространства $\psi_{\text{êì}} = 1$, то «порции» продукта встречают по всей плоскости вращения одинаковый подпор со стороны шнека и равномерно заполняют отверстия по всей рабочей поверхности решётки, повышая коэффициент заполнения отверстий решетки. Следовательно, производительность шнека и режим его работы должны строго соответствовать производительности и режиму работы режущего аппарата.

Наружный диаметр шнека $D_{\text{ø}}$ выбираем по наружному рабочему диаметру решётки с учётом зазора между витками и корпусом шнека δ. Учитывая необходимость частичного уплотнения материала, шаг винта для шнеков, транспортирующих корнеклубнеплоды, рекомендуется выбирать по соотношению [5]:

$$s = (0{,}5...0{,}6) \cdot D_{\text{ш}}$$

В зависимости от вида транспортируемого материала внутренний диаметр шнека $d_{\text{ø}}$ выбирается конструктивно.

Угол подъёма витка шнека [6]:

$$\alpha_{\text{мин}} = arctg\frac{s}{D_{\text{ш}}};\ \alpha_{\text{макс}} = arctg\frac{s}{d_{\text{ш}}}$$

Для обеспечения осевого перемещения материала необходимо, чтобы $\alpha_{\text{макс}} \prec 90 - \varphi_{макс}$, где $\varphi_{\text{ìàêñ}}$ – максимальный угол трения измельчаемого материала о поверхность витка при режиме его работы.

Процесс подачи материала питающим шнеком измельчителя характеризуется тремя параметрами: объёмной массой материала, степенью заполнения канала шнека и скоростью перемещения материала в осевом направлении. По длине шнека эти параметры непостоянны. По мере приближения к камере измельчения объёмная масса материала и коэффициент наполнения канала шнека увеличиваются, а скорость материала снижается.

Для расчёта необходимых параметров в любой части шнека можно использовать уравнение его производительности:

$$Q_{ш} = \pi\left(R^2 - r^2\right)\cdot \upsilon_{ш} \cdot \gamma_{ш} \cdot \psi_{ш},$$

после замены $\pi\left(R^2 - r^2\right)$ на $F_{ø}$ получим:

$$Q_{ш} = F_{ш} \cdot \upsilon_{ш} \cdot \gamma_{ш} \cdot \psi_{ш},$$

где $Q_{ш}$ – производительность шнека, кг/сек; R – внутренний радиус кожуха шнека, м; $R = R_{ш} + \delta$; $R_{ш}$ – наружный радиус шнека; δ – радиальный зазор между наружной кромкой винта шнека и кожухом, м; r – радиус вала шнека, м; $\upsilon_{ш}$ – скорость поступательного перемещения материала в канале шнека, м/сек; $\gamma_{ш}$ – объёмная масса измельчаемого материала в канале шнека, кг/м^3; $\psi_{ш}$ – коэффициент наполнения рабочего канала шнека; $F_{ш}$ – площадь поперечного сечения слоя продукта, подаваемого шнеком, м^2.

Производительность шнекового питателя выбирается в соответствии с производительностью режущего аппарата. Производительность и режим работы режущего аппарата в свою очередь зависит и от того, с какой скоростью и в каком состоянии уплотнённый материал подаётся в камеру измельчения. В целях равномерной загрузки ножевой решётки измельчителя и обеспечения оптимальных условий для выхода продукта из камеры необходимо, чтобы материал подавался в предкамерное пространство по всей плоскости вращения шнека, то есть, чтобы коэффициент заполнения канала приближался к единице, с чем связана необходимость некоторого уплотнения материала.

На основании расчетной производительности режущего аппарата и условий подачи материала в камеру можно определить скорость подачи материала в конце шнека:

$$\upsilon_{кш} = \frac{Q_{расч}}{F_{ш} \cdot \gamma_{кш} \cdot \psi_{кш}}$$

Так как при установившемся режиме работы шнекового питателя производительность его на всех участках длины одинакова, то уравнение производительности можно представить в следующем виде:

$$F_{ш} \cdot \upsilon_{нш} \cdot \gamma_{нш} \cdot \psi_{нш} = F_{ш} \cdot \upsilon_{кш} \cdot \gamma_{кш} \cdot \psi_{кш},$$

где $\upsilon_{íø}$,$\upsilon_{êø}$ – скорость продвижения материала в начале и конце шнека (перед камерой измельчения), с$^{-1}$; $\gamma_{íø}$,$\gamma_{êø}$ – объёмная масса материала в начала и конце шнека, кг/м^3; $\psi_{íø}$,$\psi_{êø}$ – коэффициент наполнения канала шнека в начале и конце.

Задавшись значениями $\upsilon_{êø}$,$\gamma_{êø}$,$\psi_{êø}$, зная объёмную массу измельчаемого корма и выбрав оптимальный коэффициент заполнения шнека при загрузке $\psi_{íø}$, можно определить начальную скорость подачи материала шнеком:

$$\upsilon_{нш} = \frac{\upsilon_{кш} \cdot \gamma_{кш} \cdot \psi_{кш}}{\gamma_{нш} \cdot \psi_{нш}}$$

Коэффициент наполнения канала $\psi_{íø}$ шнека зависит от частоты его вращения. По данным Б. В. Мещерякова [6], с увеличением частоты вращения шнека коэффициент наполнения его резко снижается, а производительность медленно возрастает. Оптимальные соотношения коэффициента наполнения шнека $\psi_{íø}$ и его производительности соответствуют частоте вращения шнека $n_{ø} = 100...200$ мин$^{-1}$.

Частоту вращения питающего шнека можно определить из равенства, справедливого для той части длины, где γ и ψ постоянны [6]:

$$\upsilon_{íø} = s \cdot n_{ø},$$

где s – шаг шнека, м; $n_{ø}$ – частота вращения шнека, с$^{-1}$.

Выводы. Таким образом, предложена новая конструкция измельчителя корнеклубнеплодов, приведены аналитические формулы и выражения для определения конструктивных и режимных параметров, которые могут использоваться проектными организациями, инженерно-техническими работниками и специалистами животноводческих ферм и комплексов, занимающихся разработкой и эксплуатацией оборудования для измельчения кормов.

Список литературы

1. Сыроватка, В.И.. Механизация приготовления кормов: справочник / В.И. Сыроватка, А.В. Демин и др. – М.: Агропромиздат, 1985. – 368с.

2. Легеза, В.Н. Животноводство / В.Н. Легеза. – М.: ИРПО: ПрофОбрИздат, 2001. – 384с.

3. Пат. 2556720 РФ, МПК B02C 18/00, A01F 29/00, A47J 43/00. Устройство для измельчения / А.В. Брусенков – №2556720; заяв. 13.05.2015; опубл. 20.07.2015. Бюл. №20.

4. Брусенков, А.В. Устройство для измельчения корнеклубнеплодов / А.В. Брусенков, Е.И. Сысоев // Инновации в сельском хозяйстве: по итогам 10-й Международной научно-практической конференции «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве», 24-25 мая 2016г. – ФГБНУ ВИЭСХ, 2016. – С.188-190.

5. Кузьмов, Н.Т. Вопросы теории процесса тонкого измельчения стебельных сочных кормов в измельчителе с питающим шнеком / Совершенствовании технологии и средств механизации производственных процессов на животноводческих фермах: труды Свердловского сельскохозяйственного института. – Т. 33. – 1974. – С.3-16.

6. Мещеряков, Б.В. Исследование работы и обоснование оптимальных параметров рабочих органов шнековых измельчителей сочных кормов: автореф. дис. канд. тех. наук. – Омск, 1967. – 20с.

References

1. Syrovatka, V.I., Mechanization of forage conservation: reference book/ V.I. Syrovatka, A.V. Demin et. al. – M: Agropromizdat, 1985. – 368p.

2. Legeza, V.N. Cattle breeding / V.N. Legeza. – M.: IRPO: ProfObrizdat, 2001. – 384 p.

3. Pat. 2556720 RF MPK B02C 18/00, A01F 29/00, A47J 43/00. Milling machine / A.B. Brusenkov – №2556720; appl. 13.05.2015; published 20.07.2015. Bul.№20.

4. Brusenkov, A.V. Tuber crop shredder / A.B. Brusenkov, E.I. Sysoev // Innovations in agriculture: Proceedings of the 10th International scientific and applied conference «Energy supply and energy conservation in agriculture», May, 24-25, 2016. – FGBNU VIECX, 2016. – p. 188-190.

5. Kuzmov. N.T. Theoretical issues of the process of caulescent rich fodder fine grinding in the milling machine with screw batcher // Improving the technologies and means of production mecha-

nization at the cattle breeding farms: Papers of the Sverdlovsk Agricultural Institute. – V. 33. – 1974. – p. 3-16.

6. Meshcheryakov, B.V. Exploring the work and justification of optimal parameters of working bodies of rich fodder screw shredders: synopsis of a Ph. D. in Technical Sciences thesis. – Omsk, 1967, 20 p.

УДК 621.9.047

ПОВЫШЕНИЕ МИКРОТВЕРДОСТИ ДИСПЕРСНО-УПРОЧНЕННЫХ КОМПОЗИТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА

Жачкин Сергей Юрьевич
доктор технических наук, профессор, профессор кафедры АОМП,
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
г. Воронеж, E-mail: zhach@list.ru
Нелысов Сергей Васильевич
начальник отдела кадров,
Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Реферат. *Известно, что вопросы повышения надежности деталей сельскохозяйственных машин и механизмов с одновременным уменьшением расхода металла на их производство и повышение износостойкости приобретают все большую актуальность. На основании проведенных исследований обосновано применение типов электролитов для получения максимальной эффективности процесса нанесения покрытий в зависимости от марки материала детали. Показано, что варьирование условиями обработки позволяет целенаправленно управлять микроструктурой осадков и получать покрытия с заданными свойствами. Установлено, что чем больше катодная поляризация, что и имеет место в процессе нанесения гальванических композитных покрытий на основе хрома, благодаря наличию механической активации поверхности катода инструментом, тем больше в единицу времени образуется центров кристаллизации, тем более дисперсным получается электролитический осадок и с большими искажениями кристаллической решетки. Предложена технология нанесения гальванических композитных покрытий на основе железа, позволяющая повысить микротвердость поверхности восстанавливаемой детали на 20 ÷ 28% по сравнению со стандартными гальваническими покрытиями железом. Показано, что введение в хлористый электролит мелкодисперсных частиц наполнителя оказывает большое влияние на процесс электрокристаллизации и, соответственно, на искажения кристаллической решетки: с увеличением их концентрации искажения решетки постепенно растут, проходят через максимум при концентрации наполнителя 100 мг/см^3, а затем падают. Установленный эффект позволяет устанавливать рациональную концентрацию мелкодисперсного наполнителя для получения желаемой микротвердости покрытия. Получена регрессионная зависимость микротвердости получаемых композитных покрытий от режимов их нанесения, позволяющая заранее прогнозировать физико-механические свойства покрытий. Представлены номограммы микротвердости гальванических композитных покрытий на основе железа, позволяющие упростить технологические расчеты режимов осаждения покрытий.*

Ключевые слова*: композитный материал, упрочнение, микротвердость.*

INCREASING MICROHARDNESS DISPERSION-STRENGTHENED COMPOSITE COATINGS BASED ON IRON

Zhachkin Sergey Yurevich
Dr.Sci.Tech., prof,
the professor of chair of the automated equipment of machine-building manufacture, the Voronezh state technical university, Voronezh, E-mail zhach@list.ru
Nelysov Sergey Vasilevich
Head of personnel
the Air Forces «MAA» Prof. N.E .Zhukovsky and Ю.A, Gagarin, Voronezh

Abstract. *It is known that the issues of improving the reliability of parts of agricultural machinery with a simultaneous decrease in the consumption of metal in their production and increase wear resistance are becoming increasingly important. On the basis of studies justified the use of types of electrolytes to maximize the effectiveness of the coating process, depending on the grade of material parts. It is shown that the variation in processing conditions allows purposefully control the microstructure of precipitation and to obtain coatings with the desired properties. It is found that the greater the cathodic polarization that occurs during the electroplating composite coatings based on chromium, thanks to the mechanical activation of the cathode tool, the greater is formed nucleation per unit time, the more dispersed is obtained electrolytic deposit and large distortion crystalline lattice. The technology of the application of electrolytic composite coatings based on iron, which allows to increase the microhardness of the surface of the restored parts of 20 ÷ 28% compared with conventional galvanic coating iron. It is shown that the introduction of chloride electrolyte fine filler particles has a great influence on the process and electrocrystallization, respectively, in the crystal lattice distortion: with increasing concentration of lattice distortion is gradually rising, pass through a maximum at a filler concentration of 100 mg/cm^3, and then fall. Fixed effect allows the rational concentration of fine filler to achieve the desired micro-hardness of the coating. Received regression dependence of the microhardness of composite coatings obtained by the mode of their application, which allows to predict the physical and mechanical properties of the coatings. Nomograms presented microhardness composite plating coating on iron-based technology to simplify calculations of deposition conditions.*

Keywords: *composite material, hardening, microhardness.*

Введение. Микротвердость покрытий имеет важное значение, т.к. функционально определяет их износостойкость. Опыт ремонтно-технических предприятий АПК показывает, что в последние годы наметилась тенденция использования технологий, которые позволяют повысить относительную износостойкость деталей и соединений в несколько раз [1]. Принципиально новым методом восстановления изношенных деталей сельскохозяйственной техники является гальваноконтактное осаждение (ГКО) композитных материалов на основе железной матрицы [2].

В литературе тема восстановления изношенных деталей методом гальваноконтактного осаждения композитных покрытий является малоизученной.

Теоретические и экспериментальные исследования подтвердили возможность получения электролитическим осаждением износостойких композитных покрытий на основе железа. Было показано, что варьирование условиями обработки позволяет целенаправленно управлять микроструктурой осадков и получать покрытия с заданными свойствами. В результате исследований был разработан способ, позволяющий получать композитные покрытия на ос-

нове железа с высокими физико-механическими свойствами и эксплуатационными характеристиками.

Результаты и их обсуждения. Исследовался процесс нанесения дисперсно-упрочненных композитных покрытий на основе железа. Для оценки искажений кристаллической решетки покрытия, получаемой при внедрении дисперсных частиц наполнителя, применялась методика, описанная в ряде работ [2, 3]. Рентгенограммы, снятые на кобальтовом излучении по методу обратной съемки в камере КРОС-1 с алюминиевым эталоном, фотометрировались на микрофотометре МФ-2 с использованием логарифмической шкалы. Величина искажений U, м определялась по интегральной ширине линии (310)Fe, которая получалась в результате деления площади кривой почернения на ее максимальную высоту. Абсолютная ошибка при этом колебалась в пределах 0,04—0,06 мм.

Как показала практика, введение в хлористый электролит мелкодисперсных частиц наполнителя оказывает большое влияние на процесс электрокристаллизации и, соответственно, на искажения кристаллической решетки. С увеличением их концентрации искажения решетки постепенно растут, проходят через максимум при концентрации наполнителя 100 мг/см^3, а затем падают, как показано на рисунке 1.

Наличие максимумов искажений решетки осаждаемого покрытия при одной и той же концентрации составляющих электролита дает основание считать, что эти искажения возникают в процессе электрокристаллизации, а на характер их изменения оказывает влияние концентрация дисперсного наполнителя композитного покрытия. Другими словами, искажения кристаллической решетки находятся в прямой зависимости от концентрации дисперсного наполнителя.

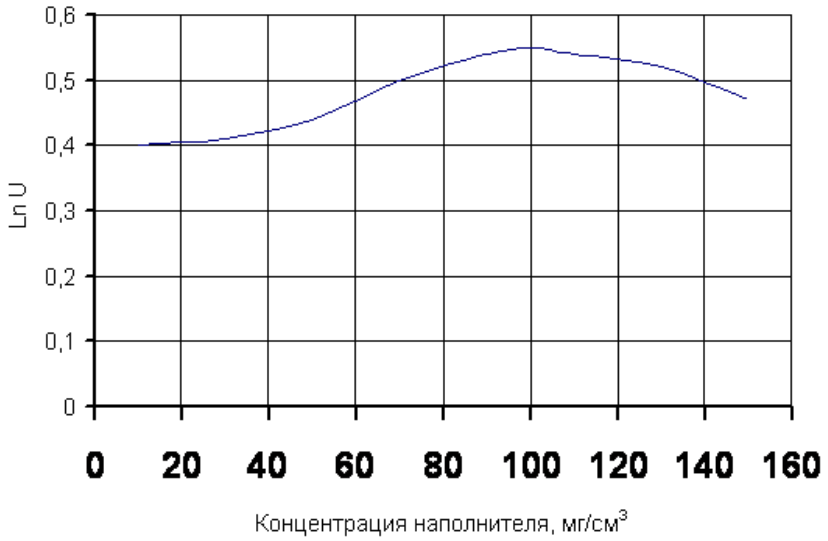


Рисунок 1 – Влияние концентрации наполнителя в гальванической матрице на искажения кристаллической решетки

Полученные результаты хорошо согласуются и с общепринятой теорией электрокристаллизации. Разряд ионов, как известно, происходит на небольших активных участках кристаллов. При этом двумерные зародыши, являющиеся основой будущих граней, могут образовываться лишь при определенном перенапряжении, в противном случае, они являются неустойчивыми и распадаются. Для образования зародышей требуется некоторая энергия активации.

Чем больше катодная поляризация, что и имеет место в процессе гальвано-контактного осаждения (ГКО) железа благодаря наличию механической активации поверхности катода инструментом [3], тем больше в единицу времени образуется центров кристаллизации, тем более дисперсным получается электролитический осадок и с большими искажениями кристаллической решетки.

Для изучения влияния электролиза на микротвердость получаемых покрытий применялось математическое планирование эксперимента. Был реализован полный факторный эксперимент 2^3. Характеристики плана эксперимента выбирались из условия получения композитных железных покрытий с максимальной твердостью (концентрация дисперсного наполнителя в покрытии составила 100 мг/см^3) и рациональной производительностью. В результате области варьирования независимых переменных были выбраны следующие:

плотность тока, i А/дм^2	24 – 30
температура электролита, t °С	70 – 90
давление инструмента, Р МПа	1 – 2
скорость главного движения $V_{гл}$ м/мин	0,5 – 5,5
скорость вспомог. движения $V_{всп}$ мин$^{-1}$	80 – 160

В качестве зависимой переменной была взята микротвердость покрытий (H_μ, МПа). Исследования проводились методом регрессионного анализа, для чего на основании экспериментальных данных была построена матрица планирования, содержащая зависимую и независимые переменные. Одним из условий этого метода является предположение о функциональной независимости варьируемых переменных. Для оценки этого положения проводился корреляционный анализ. На основании анализа матрицы коэффициентов парной корреляции, был сделан вывод о необходимости включения в модель таких факторов исследуемого процесса, как плотность тока, температура рабочей среды, давление инструмента на поверхность. Остальные факторы процесса оказались не значимы.

Следующим этапом работы является подбор математической модели, наиболее точно описывающей исследуемый процесс.

Анализируя вычисления, установлено, что наилучшим образом описывает исследуемый процесс полином первой степени со свободным членом, т.к. для него коэффициент детерминированности имеет наибольшее значение.

Проверка адекватности выбранной модели по критерию Фишера, показала, что уравнение регрессии адекватно описывает влияние основных факторов процесса железнения методом ГКО на микротвердость получаемых покрытий.

В результате расчета пошаговой множественной регрессии с применением пакета научных подпрограмм «Statistika» получено уравнение, описывающее зависимость микротвердости от исследуемых факторов

$$H_\mu = 6709{,}83 + 100i - 15{,}983t + 155{,}16p \qquad (1)$$

Анализ позволил выявить, что зависимость микротвердости от исследуемых факторов сильная - множественный коэффициент корреляции достигает значения 0,999.

Анализируя корреляционную матрицу, видно, что наибольшее значение на микротвердость оказывает плотность тока (коэффициент корреляции 0,863). Менее значительно влияют на микротвердость температура электролита (коэффициент корреляции – 0,459) и давление инструмента (коэффициент корреляции 0,223).

После проверки значимости коэффициентов регрессии по критерию Стьюдента, выяснилось, что все коэффициенты регрессии оказались значимыми, т.к. вычисленные значения

критерия Стьюдента оказались больше критического $t_{крит.}$ = 2,776, а их абсолютные значения оказались больше соответствующих стандартных ошибок.

Таким образом, уравнение, описывающее зависимость микротвердости композитного покрытия на основе железной матрицы, имеет вид, представленный формулой (1).

Заключение. Из анализа влияния исследуемых факторов на микротвердость дисперсно-упрочненных гальванических композитных покрытий на основе железа следует, что с увеличением температуры электролита микротвердость покрытий уменьшается, что хорошо согласуется с характером влияния температуры электролита на микротвердость как при обычном железнении, так и при гальваноконтактном методе осаждения композитных железных покрытий и объясняется, видимо, увеличением пластичности железа с повышением температуры электролита. Как показала практика, наиболее рациональной плотностью тока для получения качественных композитов на основе железной матрицы, является значение 28 А/дм^2. Дальнейшее увеличение плотности тока, немного увеличивая скорость осаждения покрытий, но дает значительное ухудшение их качества. В связи с этим, пространственный отклик регрессионной модели представленный на рисунке 2, построен для плотности тока 28 А/м^2.

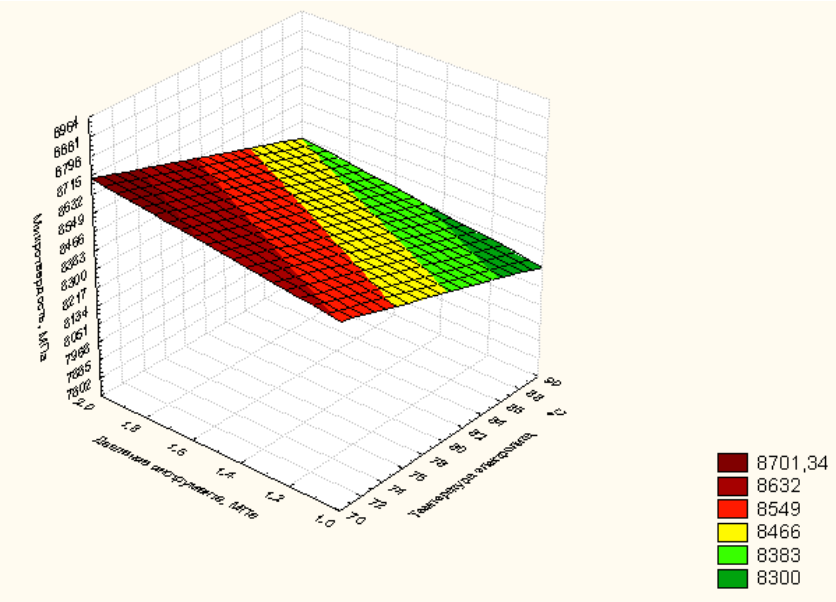


Рисунок 2 – Отклик регрессионной модели при i = 28 А/дм^2

На рисунке 3 показана номограмма для определения режимных параметров обработки с целью получения композитных железных покрытий заданной микротвердости. Увеличение плотности тока приводит к увеличению микротвердости получаемых композитных железных покрытий и объясняется, видимо, экстремальным характером зависимости микротвердости от плотности тока, когда максимальная микротвердость наблюдается при определенной плотности тока. Величина давления инструмента в исследуемом диапазоне влияет на величину микротвердости получаемых покрытий прямо пропорционально.

Микротвердость композитных железных покрытий, полученных методом ГКО, соответствует значениям 8300 – 8700 МПа, а микротвердости покрытий, полученных традиционным железнением 6500 – 6700 МПа. Таким образом, экспериментально доказано, что технология ГКО позволяет превзойти микротвердость железных покрытий, полученных по стандартной технологии без ухудшения их остальных физико-механических свойств, что позволяет прогнозировать достаточно высокую их износостойкость.

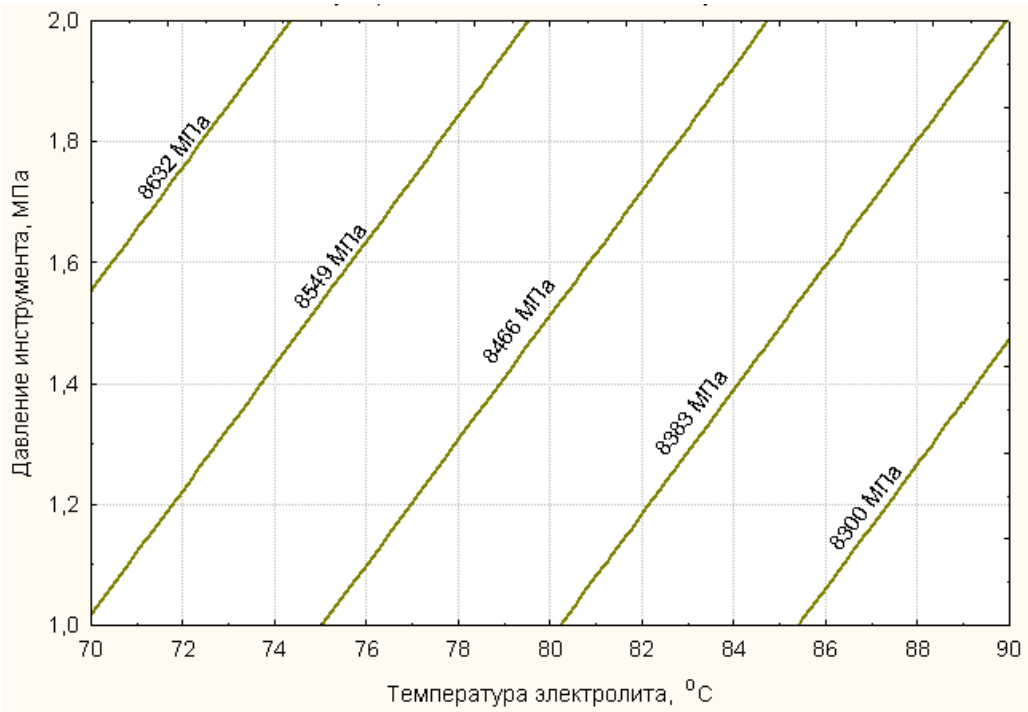


Рисунок 3 – Микротвердость (МПа) композитных железных покрытий при i = 28 А/дм^2

Список литературы

1. Седов Л.И. Механика сплошной среды. Т1. М.: Наука, 1976. 536 с.

2. Жачкин С.Ю. Холодное гальваноконтактное восстановление деталей. Воронеж: ВГТУ, 2002. 138 с.

3. Жачкин С.Ю. Расчет напряжений в дисперсно-упрочненных композитных гальванических покрытиях / С.Ю. Жачкин, Н.А. Пеньков, О.А. Сидоркин, С.В. Нелысов // Наука в центральной России. – 2016. - № 2. - С. 32 – 37.

References

1. Sedov L.I. Mehanika sploshnoy sredy. T1. M.: Nauka, 1976. 536 s.

2. Zhachkin S.Yu. Holodnoe galvanokontaktnoe vosstanovlenie detaley. Voronezh: VGTU, 2002. 138 s.

3. Zhachkin S.Yu. Raschet napryazheniy v dispersno-uprochnennyh kompozitnyh galvanicheskih pokrytiyah / S.Yu. Zhachkin, N.A. Penkov, O.A. Sidorkin, S.V. Nelysov // Nauka v centralnoy Rossii. – 2016. - № 2. - S. 32 – 37.

УДК 621.867.81

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ТЕХНОЛОГИИ ВАКУУМНОГО ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ СУХИХ СЫПУЧИХ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ В РЕЖИМЕ СПЛОШНОГО СЛОЯ

Платицин Павел Сергеевич
аспирант,
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»
E-mail: rodionow.u.w@rambler.ru

Родионов Юрий Викторович
доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой
«Техническая механика и детали машин»,
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,
E-mail: rodionow.u.w@rambler.ru
Капустин Василий Петрович
доктор технических наук, профессор кафедры «Агроинженерия»,
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»
Никитин Дмитрий Вячеславович
кандидат технических наук, доцент кафедры
«Техническая механика и детали машин»,
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,
E-mail: dmitryndv@gmail.com

Реферат. *Известно, что для транспортирования сыпучих материалов во многих случаях используется пневмотранспорт. Предложен вакуумный транспорт сухих растительных материалов. Установлено, что существующие методы расчета пневмотранспорта не могут использоваться для расчета предлагаемого вакуумного транспорта сухих растительных материалов. Предложена классификация сухих сыпучих растительных материалов с учетом фракционного состава, физико-механических и биологических показателей, на основе которой формируются критерии расчета вакуумных транспортных систем и организация их работы. Отмечены особенности расчета вакуумного транспортирования сухих сыпучих растительных материалов, которые все в большем количестве используются в различных производствах и отраслях народного хозяйства. Предложена схема вакуумной транспортной системы, созданной на базе жидкостнокольцевого вакуумного насоса ЖВН-0,30 РО. Выделены четыре участка: разгонный, квазиустановившегося режима течения материала, торможения (осаждения) сыпучего материала, перемещения воздушной смеси. Приведены аналитические формулы расчета скорости, производительности, концентрации сыпучего материала, диаметра воздушного трубопровода, общих потерь давления по каждому участку. Представлены результаты экспериментальных исследований жидкостнокольцевого вакуумного насоса ЖВН-030 РО с автоматическим регулируемым нагнетательным окном в виде графика зависимости производительности и удельной мощности от давления (разрежения) и система его автоматического управления. Дана сравнительная оценка результатов испытания вакуумного насоса и насоса с автоматическим регулируемым нагнетательным окном.*

Ключевые слова: *вакуумное транспортирование, жидкостнокольцевой вакуумный насос, режимы перемещения сыпучих материалов, скорость витания, расчет установки, энергосбережение*.

SPECIAL ASPECTS OF CALCULATION OF TECHNOLOGY OF VACUUM TRANSPORTATION OF VEGETABLE BULK MATERIALS IN THE CONTINUOUS LAYER REGIME

Platitsin, P.S.,
Postgraduate, Tambov State Technical University

E-mail: rodionow.u.w@rambler.ru
Rodionov, Yu.V.,
Dr. Sci. (Tech), Prof., head of «Engineering Mechanics and Machine Parts» department of the Tambov State Technical University;
E-mail: rodionow.u.w@rambler.ru
Kapustin, V.P.,
Dr. Sci. (Tech), Prof. of «Agricultural Engineering» department of the Tambov State Technical University
Nikitin, D.V.,
Cand. Sci. (Tech), Assoc. Prof. of Department «Engineering Mechanics and Machine Parts»
Tambov State Technical University,
E-mail: dmitryndv@gmail.com

Abstract. *It is known that for transportation of bulk materials pneumatic transport used in many cases. Vacuum transportation of dry plant material is offered. It is found that the existing methods of calculating of pneumatic transport cannot be used to calculate the proposed transport vacuum dried plant material. Classification of dry bulk plant materials based on the fractional composition, physical, mechanical and biological parameters, which are formed on the basis of the criteria for calculating the vacuum transport systems and the organization of work is offered. Features of the calculation of the vacuum transportation of dry bulk plant materials, all of which are more used in various industries and sectors of the economy, are marked. The scheme of the vacuum transport system, created on the basis of liquid ring vacuum pump ЖВН-0,30 РО is offered. Four area: overclocking, quasi-steady flow regime of the material, the braking (deposition) of the bulk material, moving air mixture are allocated. Analytical formulas for calculating the speed, performance, the concentration of the bulk material, the diameter of the air conduit, common pressure loss for each section are given. The results of experimental studies of liquid ring vacuum pump ЖВН-030 РО with automatic discharge adjustable window in the form of a graph of the performance and power density from the pressure (vacuum) and system of its automatic control, are presented. Comparative evaluation of the test results of the vacuum pump ЖВН and pump with automatic adjustable discharge window is given.*

Key words: *vacuum transportation, liquid-ring vacuum pump, regimes of bulk materials displacement, terminal velocity, conservation of energy.*

Введение. В агропромышленном комплексе (АПК) в настоящее время производится большое количество разнообразных сухих сыпучих растительных материалов (СРМ), с влажностью не более 15%. Их доставка до места переработки и конечного потребителя является важной задачей повышения производительности труда, снижения энергетических затрат, сохранения качества продукта, повышения безопасности и экологичности отрасли. Этим задачам в полном объеме отвечает внедрение в производство вакуумного транспорта (ВТ).

Материалы и методы. В работе использованы методы получения аналитических зависимостей для определения рациональных значений режимных параметров технологии вакуумного транспортирования СРМ, с учетом предложенной их классификации. Дано технико-

экономическое обоснование внедрения в вакуумную транспортную установку жидкостно-кольцевого вакуумного насоса с автоматическим регулируемым окном.

Результаты и обсуждения. Существующие классификации объектов транспортирования не охватывают в полной мере весь спектр СРМ, производимых АПК. Нами предлагается их классификация с учетом как фракционного состава, так физико-механических и биологических показателей (рисунок 1).

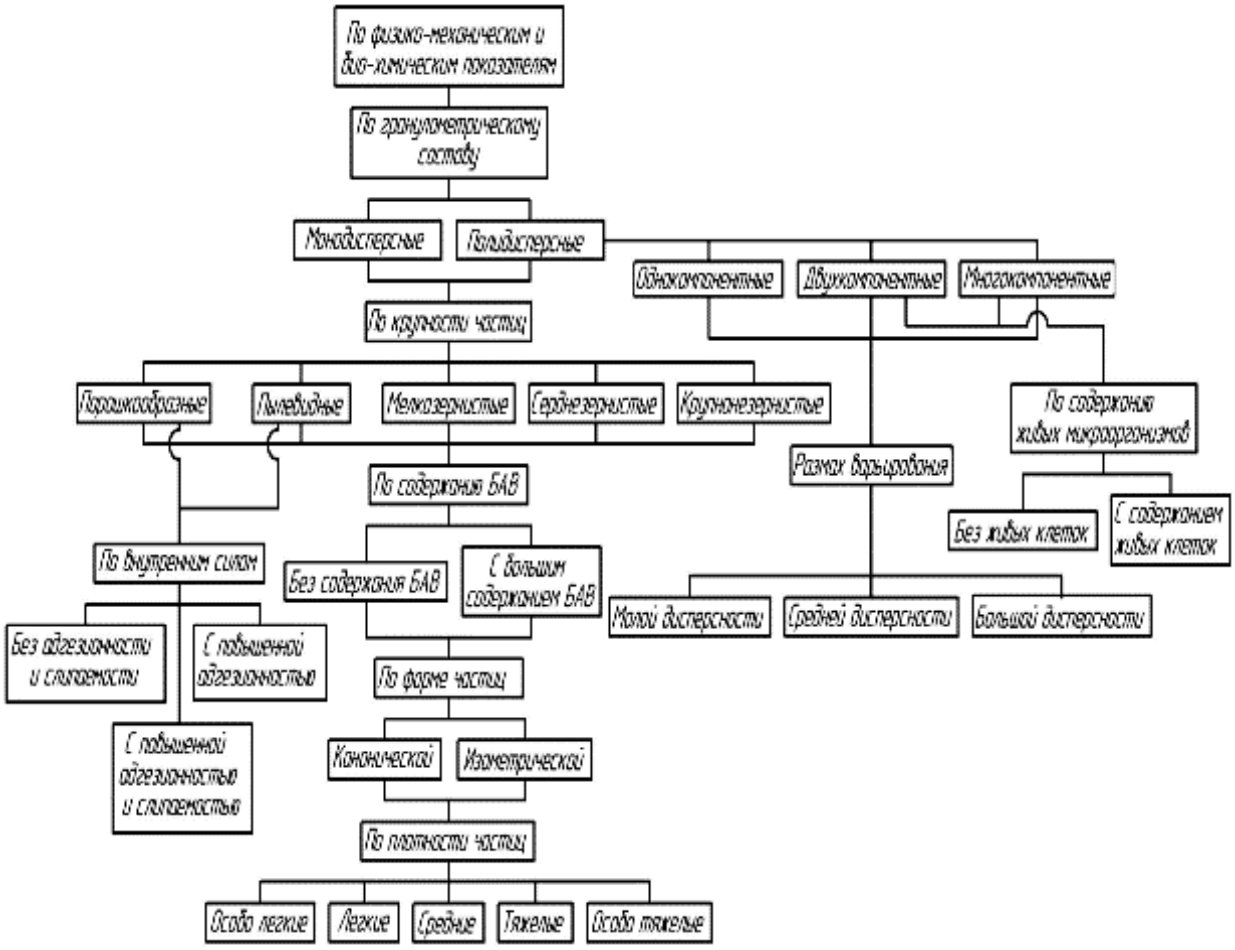
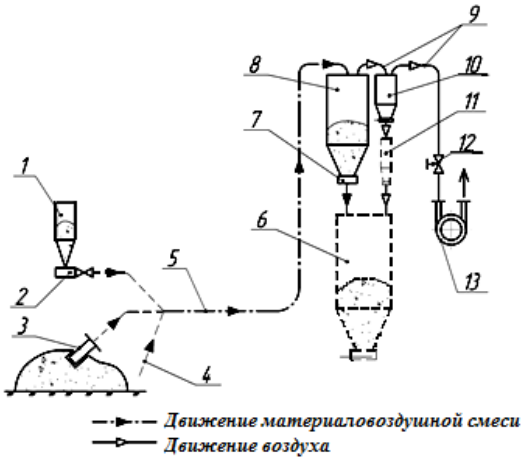


Рисунок 1 – Схема классификации сыпучих растительных материалов

Согласно предложенной классификации формируются критерии расчета вакуумных транспортных установок. Для определения особенностей расчета вакуумной транспортной системы рассмотрим ее принципиальную схему (рисунок 2). В общем случае вакуумные транспортные установки комплектуют с учетом технологической схемы производства, потерь давления в параллельных транспортных магистралях, оптимальной производительности технологического оборудования и вакуум-создающих систем.

Вакуумная транспортная установка состоит из следующих элементов: транспортного трубопровода 5, воздушного трубопровода 9, технологического оборудования, содержащего циклон 8, пылеуловитель 10, вакуум-создающей системы, включающей в себя жидкостно-кольцевой вакуумный насос (ЖВН) 13 и пускового крана 12, который необходим для правильного запуска насоса и изменения подачи воздушной фазы. Забор перемещаемого сыпучего растительного материала в транспортный трубопровод может осуществляться одним из вариантом: бункера 1 через пневмовинтовой питатель 2; из бурта через заборное сопло 3;

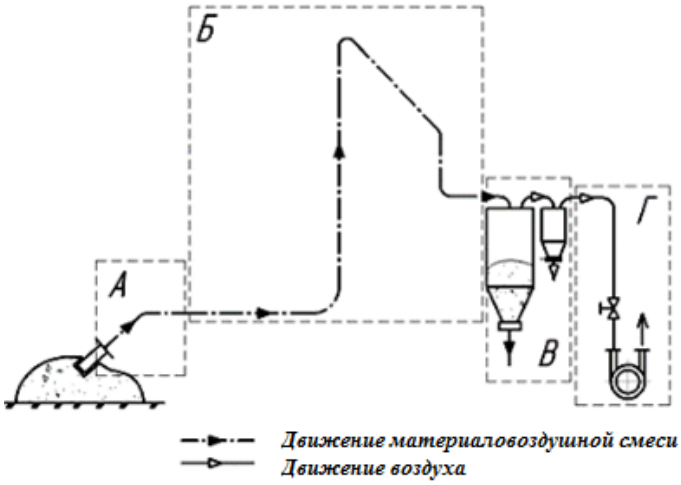
непосредственно из заборного трубопровода 4. В зависимости от поставленной задачи вакуумная транспортная установка комплектуется сборным бункером 6 и пылесборником 11.



1 – заборный бункер; 2 – пневмовинтовой питатель; 3 – заборное сопло; 4 – заборный трубопровод; 5 – транспортный трубопровод; 6 – сборный бункер; 7 – затвор; 8 – циклон; 9 – воздушный трубопровода; 10 – пылеуловитель; 11 – пылесборник; 12 – пусковой кран; 13 – жидкостнокольцевой вакуум-насос

Рисунок 2 – Схема вакуумной транспортной установки на базе жидкостнокольцевого вакуумного насоса

При работе вакуумной транспортной установки сыпучий растительный материал поступает в трубопровод 5 и по нему перемещается в виде материаловоздушной смеси в циклон 8, где происходит осаждение транспортируемого сыпучего материала, а воздух через пылеуловитель 10, отсасывается жидкостно-кольцевым вакуум-насосом 13 и уходит в атмосферу. Для предотвращения подсосов воздуха через нижнюю часть циклона 8 и пылесборника 11 под ними устанавливаются автоматические клапаны-мигалки, которые открываются после остановки вакуум-насоса 13 и снятия разрежения в системе. В зависимости от гидромеханических характеристик материаловоздушной смеси вакуумная транспортная система делится на несколько участков (рисунок 3).



А – разгонный участок; Б – участок квазиустановившегося режима течения материаловоздушной смеси; В – участок торможения материаловоздушной смеси; Г – участок перемещения воздушной смеси

Рисунок 3 – Участки вакуумной транспортной системы

А - разгонный участок (зона всасывания), где происходит отрыв сыпучего растительного материала и равноускоренное движение от состояния покоя υ_0=0 до некоторого установившегося υ_{k1}=const. Длина разгонного участка зависит от аэродинамических, физико-механических, химико-биологических свойств частиц сыпучего растительного материала, а также от кинематических и динамических характеристик воздушного потока, физико-механических свойств поверхности транспортного трубопровода и способа организации подачи;

Б - участок квазиустановившегося режима течения материала, представляющий систему из вертикальных, горизонтальных и наклонных транспортных трубопроводов, где среднюю скорость движения материаловоздушной смеси для вакуумной системы считаем условно-постоянной (υ_{k1}=const);

В - участок торможения (осаждения)материала, включающий оборудование: циклон, бункер, пылеуловитель, сборник пыли, фильтр.

Г - участок перемещения воздушной смеси, который является соединительным трубопроводом между вакуум-создающей системой и последним технологическим оборудованием (как правило – фильтром).

Анализ физической модели показывает, что наиболее энергоэкономичными из-за низких скоростей потока и высоких концентраций являются режимы «сплошным потоком» и «импульсно-поршневым потоком», однако для их организации требуется строгое соблюдения эксплуатационных параметров и дальнейшие теоретические и экспериментальные исследования. Эффективность работы любой вакуумной транспортной системы, применяемой для забора сыпучего растительного материала зависит от конструкции устройств, которые обеспечивают подачу материала в зону всасывания [2]. В нашем случае это возможно за счет организации регламентированного дозирования сыпучего растительного материала или сопловой подачи с возможностью разрыхления и антистатического разрежения. Кроме того для организации транспортирования в режиме «сплошного потока» необходимо соблюдение условий по значению скоростей сыпучих растительных материалов в транспортных участках. Когда на вертикальных и горизонтальных участках скорость движения воздуха выше некоторой критической скорости, тогда удельный перепад давлений имеет экстремум-минимум и режим становится экономически выгодным [3].Критическая скорость $u_{в.кр}$ воздушного потока для вертикального участка должна удовлетворять условию

$$u_{в.кр} \geq \upsilon_{в.вит}, \tag{1}$$

где $\upsilon_{в.вит}$ – скорость витания частиц в вертикальном трубопроводе.

Скорость витания можно определить по формуле

$$\upsilon_{в.вит} = \sqrt{\frac{2 \cdot m \cdot g}{C_X \cdot A_M \cdot \rho_B}}, \tag{2}$$

где m – масса частицы, кг; g – ускорение свободно падения, g = 9.81 м^2/с; C_x – коэффициент сопротивления при обтекании частицы воздушным потоком; A_M – площадь миделева сечения частицы, м^2; ρ_B – плотность воздуха, кг/м^3.

Однако данная зависимость не может охарактеризовать весь спектр сыпучих растительных материалов и требует дополнительных исследований, в частности для полидисперсных многокомпонентных материалов [4].

Критическую скорость сыпучего растительного материала определяем:

$$u_{в.кр} = k_T \cdot k_H \cdot k_{В.гс} \cdot k_{В.кр} \cdot \upsilon_{в.вит}, \tag{3}$$

где k_T – коэффициент устойчивого транспортирования, зависит от свойств материала; $k_{B.гс}$ – коэффициент учитывающий гранулометрический состав материала для вертикального участка; $k_{B.кр}$ – коэффициент, учитывающий крупность материала для вертикального участка; k_H – коэффициент, учитывающий высоту подъема.

Для перемещения сыпучих материалов по горизонтальным участкам транспортного трубопровода без заиливания используем формулу [5]:

$$u_{г.кр} = \frac{2+6\cdot n}{112\cdot d_ч\cdot(1-n)}\cdot\sqrt{\frac{56\cdot f\cdot g\cdot(1-n)\cdot d_ч}{6}\cdot\frac{\rho_M}{\rho_B}}, \quad (4)$$

где n – показатель взвешенности; $d_ч$ – диаметр частиц, м; $\rho_м$ – плотность материала, кг/м^3; f – коэффициент трения частиц о стенки транспортного трубопровода;

При этом скорость частиц сыпучих растительных материалов на горизонтальном участке с учетом предложенной классификации определяем как:

$$v_{г.кр} = n\cdot\sqrt{\frac{3\cdot g\cdot d_ч}{448\cdot f\cdot(1-n)}\cdot\frac{\rho_M}{\rho_B}}\cdot k_{Г.гс}\cdot k_{Г.кр}, \quad (5)$$

где $k_{B.гс}$ – коэффициент учитывающий гранулометрический состав материала для вертикального участка; $k_{B.кр}$ – коэффициент, учитывающий крупность материала для вертикального участка; k_H – коэффициент, учитывающий высоту подъема.

Тогда критическую скорость воздуха и материала на всей длине транспортного и воздушного трубопровода выбираем по наибольшему из значений для вертикального и горизонтального участка трубопровода.

Расчет вакуумного транспорта сыпучих растительных материалов делим на два этапа.

На первом этапе при исходных данных проектирования – производительности по твердому материалу, длине трубопровода, физико-механических свойствах и режима организации процесса вакуумного транспортирования определяем следующее.

1. Необходимый расход воздуха с учетом коэффициента концентрации на входе в транспортный трубопровод. Расчет ведем для материала, имеющего верхние границы варьирования в выбранной группе крупности с учетом дисперсности, согласно предложенной нами классификации. Формула расхода воздуха $Q_в$ имеет вид

$$Q_в = \frac{G_M\cdot\upsilon_{кр}^2}{2\cdot p_0}, \quad (6)$$

где G_M – производительность установки по растительному сыпучему материалу, кг/с; p_0 – начальное давление воздуха на входе в транспортный трубопровод, $p_0=p_{атм}$, кПа; $\upsilon_{кр}$ – средняя скорость материала в системе, м/с.

2. По значению расхода воздуха выбираем ЖВН по действительной быстроте действия (производительности) при давлении разрежения p_p = 0 кПа:

$$Q_в = S_д, \quad (7)$$

где $S_д$ – действительная быстрота действия (производительность) ЖВН, м^3/с.

3. Необходимую концентрацию $m_к$ сыпучего растительного материала в режиме перемещения «сплошным потоком»

$$m_к = \frac{G_M}{S_д} \quad (8)$$

4. Диаметр воздушного трубопровода d_{BT} принимаем равным диаметру всасывающего патрубка ЖВН. Исходя из условий материального баланса газовой и твердой фазы и с уче-

том их физико-механических свойств диаметр транспортного трубопровода d_{TT} определяем по формуле:

$$d_{TT} = d_{BT} \cdot \sqrt{1 + m_к^{\ 2} \cdot \left(\frac{\rho_B}{\rho_M}\right)^2} \tag{9}$$

5. Определяем потери давления в транспортной и воздушной системах с учетом длины и компоновки вакуумного транспорта, физико-механических свойств сыпучего растительного материала, степени разрежения в воздушном потоке по длине трубопровода, кинематики воздушного и сыпучего потока.

Общие потери давления Δp определяем по формуле:

$$\Delta p = \Delta p_{TEX} + \Delta p_{TT} + \Delta p_{BT}, \tag{10}$$

где Δp_{TEX} – потери давления в технологическом оборудовании, кПа; Δp_{TT} – потери в транспортном трубопроводе, кПа; Δp_{BT} – потери давления в воздушном трубопроводе, кПа;

Потери давления в технологическом оборудовании определяются на основе уравнения Бернулли [6,7]:

$$\Delta p_{TEX} = \sum_{i=1}^{n} \zeta_i \cdot \rho_i \frac{u_i^2}{2}, \tag{11}$$

где ζ_i – коэффициент сопротивления i-ого типа технологического оборудования, зависящий от типа технологического оборудования [8]; ρ_i – плотность воздуха, входящего в i-ое технологическое оборудование, кг/м^3; u_i – скорость воздуха, входящего в i-ое технологическое оборудование, м/с.

Потери давления в транспортном трубопроводе определяем с учетом сопротивления воздушной и материаловоздушной смеси по следующей зависимости [1]:

$$\Delta p_{TT} = \sum_{j=1}^{n} \left(\lambda_{Г\,j} \cdot \frac{u_{кр}^2 \cdot \rho_{B\,j} \cdot L_{TT\,i}}{2 \cdot d_{TT}} + \frac{\lambda \cdot u_{кр}^2 \cdot \rho_{B\,j} \cdot m_к \cdot L_{TT\,i}}{2 \cdot d_{TT}} \cdot \left(\frac{\upsilon_{кр}}{u_{кр}}\right) + \beta_i \cdot \rho_{B\,j} \cdot g \cdot m_к \cdot \left(\frac{u_{кр}}{\upsilon_{кр}}\right) \cdot L_{TT\,i} \right) \tag{12}$$

При условиях:

$$\begin{cases} \beta = 0 \quad \text{при} \quad i = 1 \\ \beta = 1 \quad \text{при} \quad i = 2 \\ \beta = \sin\alpha + f \cdot \cos\alpha \quad \text{при}\, i = 3 \end{cases} \tag{13}$$

$$\begin{cases} \rho_{B\,j}^{\ н} = \rho_{B0} - \Delta\rho_{B\,j-1}^{\ к} \\ \rho_{B1} = \rho_{B0} = \rho_{атм} \qquad \text{при } \mathrm{j} = 1 \\ \Delta\rho_{B\,\mathrm{j}} = f(\Delta p_{TT\,\mathrm{j}}) \\ \lambda_{Г\,\mathrm{j}} = f(\Delta\rho_{B\,\mathrm{j}}) \\ \rho_{B\,j} = \dfrac{\rho_{B\,j}^{\ н} + \rho_{B\,j+1}^{\ н}}{2} \end{cases} \tag{14}$$

где n – количество участков; f – коэффициент трения сыпучего растительного материала о стенки транспортного трубопровода; i – тип участка: i = 1 – горизонтальный участок, i = 2 – вертикальный участок, i = 3 – наклонный участок; α – угол наклона транспортного трубопровода к горизонту, град; ρ_{B0} - плотность воздуха в начале транспортного трубопровода, кг/м^3; $\rho_{B\,j}^{\ н}$ - плотность воздуха в начале трубопровода на j-ом участке начала транспортного трубопровода, кг/м^3; $\rho_{B\,j}$ - средняя плотность воздуха на участке транспортного трубопровода,

кг/м^3. $\Delta\rho_{B\,j-1}^{к}$ - потери давления на *j*-1 участке в конце транспортного трубопровода, кПа; $\rho_{атм}$ - плотность воздуха при атмосферном давлении, кг/м^3; $\lambda_{Гj}$ – коэффициент трения чистого газа для *j*-ого участка; λ - коэффициент пропорциональности (коэффициент сопротивления), зависящий от свойств транспортируемого материала и стенки трубы; $L_{TT\,i}$ - длина i-ого транспортного участка, м.

Потери давления в воздушном трубопроводе определяем по формуле:

$$\Delta p_{BT} = \lambda_{Г} \cdot \frac{u_{кр}^2 \cdot \rho_B \cdot L_{BT}}{2 \cdot d_{BT}} \tag{15}$$

Тогда давление всасывания *p* перед вакуум-создающей системой:

$$p = p_0 - \Delta p \tag{16}$$

6. Затем проводим проверку расхода воздуха в конце воздушного трубопровода и сравниваем с технико-эксплуатационными характеристиками выбранного вакуум-насоса.

$$Q_в = \frac{G_M \cdot u_{кр}^2}{2 \cdot p} \le S_ф(p) \tag{17}$$

где $S_ф(p)$ – фактическая быстрота действия (производительность) при полученном давлении всасывания, м^3/с.

На втором этапе проектирования вакуум-транспортной установки проводим расчет производительности и режимных характеристик для перемещения выбранных сыпучих растительных материалов, что позволяет универсализировать конструкцию с максимальной экономической эффективностью.

По заданной производительности ЖВН в начальный момент, длине трубопровода и новых физико-механических свойствах материала производим корректировку режимов по следующему алгоритму. Определяем: 1- теоретически или экспериментально критическую скорость воздуха для сыпучего материала; 2 - производительность воздуха для выбранного сыпучего растительного материала в начальный момент по формуле (6); 3 - концентрацию и при необходимости регулируем дозирование; 4 - суммарное падение давления; 5 - остаточное разрежение в ЖВН; 6 - расход воздуха при данном разрежении и сравниваем с характеристикой выбранного насоса.

Использование в качестве всасывающей машины ЖВН с автоматическим регулируемым окном вместо ЖВН-0,30 РО, разработанного и испытанного на кафедре ТМ и ДМ ТГТУ [9,10] позволяет не только унифицировать установку вакуумного транспорта, но и снизить на 15-20% энергетические затраты на транспортирование различных сыпучих растительных материалов (рисунок 4).

Разработанный ЖВН управляется автоматической системой (рисунок 5), которая обеспечивает регулирование расхода подаваемой в насос воды и размера нагнетательного окна с использованием ПИ-законов регулирования [11].

Заданное значение расхода и размер нагнетательного окна корректируется в зависимости от текущего значения достигнутой величины вакуума, что позволяет уменьшить затраты мощности на сжатие при транспортировке другого сыпучего растительного материала, а также корректировать разрежение в системе при возникновении непредвиденных обстоятельств (например, при разгерметизации в стыках транспортного трубопровода).

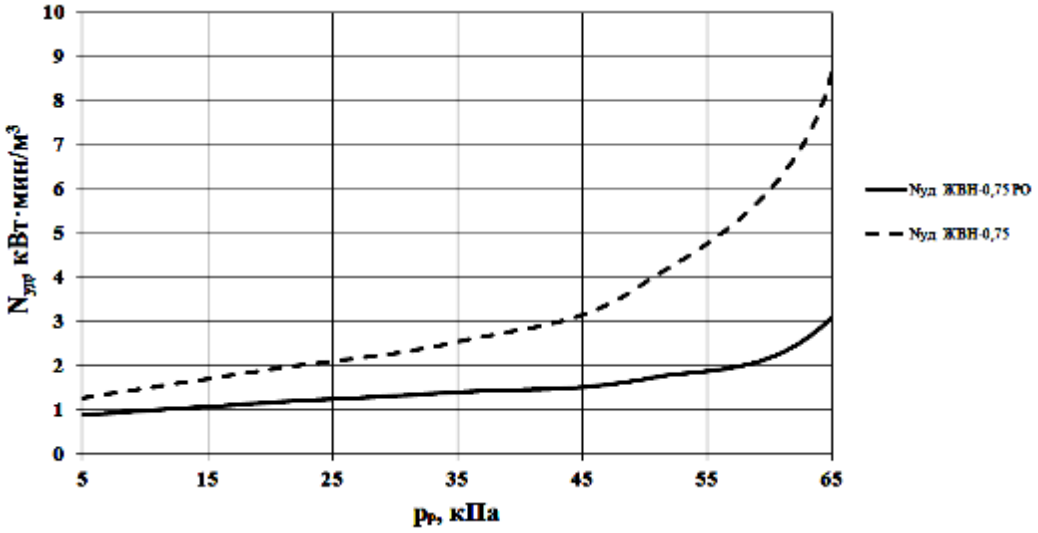


Рисунок 4 – Графики зависимостей удельной мощности от давления разрежения для ЖВН-0,75 и ЖВН-0,75 РО

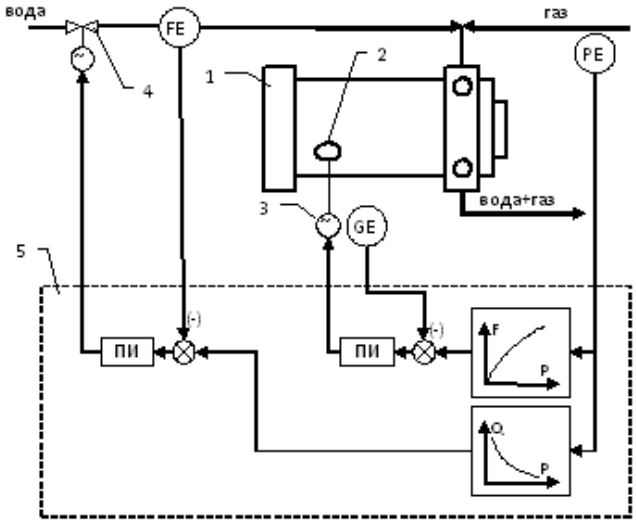


Рисунок 5 - Система автоматического управления жидкостнокольцевым вакуум-насосом: 1 – жидкостнокольцевой вакуум-насос; 2 – заслонка; 3 – электропривод заслонки; 4 – регулирующий клапан с электрическим исполнительным механизмом; 5 – управляющий контроллер; ПИ – алгоритм ПИ-регулирования

Для сохранения качества биологически активных веществ при транспортировании сыпучих растительных материалов с (например, плодоовощные порошки, сушеная хлебо-тыквенная закваска, торф с микроорганизмами [12]) необходимо разработать новые конструкции транспортных трубопроводов и модернизированного ЖВН с автоматическим регулированием всасывающего окна и термоаккумуляций тепла из рабочей жидкости. Это позволит существенно упростить конструкцию вакуумной установки и сделать ее мобильной.

Дальнейшее совершенствование вакуумного транспорта должно быть направлено на: совершенствование методик расчета и проектирования вакуумных транспортных установок и ЖВН с автоматическим регулированием всасывающего окна; применение новых материалов для транспортных трубопроводов с меньшими коэффициентами трения; упрощение схем очистки; разработка более эффективных разгрузителей.

Выводы.

1. Разработана схема классификации сыпучих растительных материалов (влажностью не более 15%) для применения процесса вакуумного транспортирования по физико-механическим и биохимическим показателям.

2. Представлен алгоритм расчета вакуумной транспортной установки сыпучих растительных материалов в режиме сплошного слоя.

3. Приведены аналитические выражения для определения параметров и режимов работы вакуумного транспорта и намечены пути экспериментальных исследований по проверке их адекватности.

4. Дана сравнительная оценка двух ЖВН для вакуумного транспорта и определена энергоэкономия разработанного насоса, составившая 15-20% .

Список литературы

1. Вишня Б.Л., Дроздов Б.С., Стефаненко В.Т. «Пневмотранспорт. Расчёты, схемы, оборудование», Изд-во «Сократ», Екатеринбург, 2010 г. 31 с.

2. Евтюков С.А., Шапунов М. М. Пневмотранспортное оборудование в строительной индустрии и строительстве: учебное пособие. – ДНК, 2005 г. – 360 с.

3. Чальцев, М.Н. Влияние диаметра трубы и массового расхода мелкодисперсных твердых материалов на критическую скорость воздуха и удельный перепад давления при пневмотранспорте / М.Н. Чальцев и др. // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки: науково-технічний збірник Київського національного університету будівництва і архітектури. - Киев, 2010. - Вып. 15. - С. 169-173.

4. Кузнецов Ю. М. Пневмотранспорт: теория и практика. – Екатеринбург: УрОРАН, 2005. – 61 с.

5. Волошин А. И. Механика пневмотранспортирования сыпучих материалов / А. И. Волошин, Б. В. Пономарев. – К.: Наукова думка, 2001. – 520 с.

6. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М. : ООО ТИД «Альянс», 2004 – 753 с.

7. Плаксин Ю.М. Процессы и аппараты пищевых производств / Ю.М. Плаксин, Н.Н. Малахов, В.А. Ларин. – М.: Колос, 2009. – 760 с.

8. Володин Н.П., Касторных М.Г., Кривощеин А.И. Справочник по аспирационным и пневмотранспортным установкам. – М.: Колос, 1984.

9. Пат. 2303166 Российская Федерация, МПК F04C 15/00. Жидкостно-кольцевая машина с автоматическим регулированием проходного сечения нагнетательного окна / Волков А.В., Воробьев Ю.В., Никитин Д.В., Попов В.В., Родионов Ю.В., Свиридов М.М.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВО Тамб. гос. техн ун-т. – № 2005116616/06; заявл. 31.05.2005; опубл. 20.07.2007, Бюл. № 20. - 6 с.

10. Регламентация расхода дополнительной жидкости в ЖВН с автоматическим регулированием размера нагнетательного окна / Ю.В. Родионов [и др.] // Динамиката на съвременната наука. Т. 13. Технологии: Материали за 8-а междунар. науч. практ. конф. - София, 2012. - С. 18-21.

11. Родионов, Ю.В. Система управления жидкостнокольцевым вакуум-насосом с автоматическим регулированием проходного сечения нагнетательного окна / Ю.В. Родионов,

И.А. Елизаров, Д.В. Никитин // Прогрессивные технологии развития: сб. материалов 4-й Междунар. науч.–практ. конф. - Тамбов, 2007. – С. 118-121.

12. Родионов, Ю.В. Исследование и выбор режимных параметров процесса сушки хмеле-тыквенной закваски / Ю.В. Родионов и др. // Наука в центральной России. 2016. №3 (21). С.15-24.

References

1. Vishnja B.L., Drozdov B.S., Stefanenko V.T. «Pnevmotransport. Raschjoty, shemy, oborudovanie», Izd-vo «Sokrat», Ekaterinburg, 2010 g. 31 s.

2. Evtjukov S.A., Shapunov M. M. Pnevmotransportnoe oborudovanie v stroitel'noj industrii i stroitel'stve: uchebnoe posobie. – DNK, 2005 g. – 360 s.

3. Chal'cev, M.N. Vlijanie diametra truby i massovogo rashoda melko-dispersnyh tverdyh materialov na kriticheskuju skorost' vozduha i udel'nyj perepad davlenija pri pnevmotransporte / M.N. Chal'cev i dr. // Problemi vodopostachannja, vodovidvedennja ta gidravliki: naukovo-tehnichnij zbirnik Kiïvs'kogo nacional'nogo univeritetu budivnictva i arhitekturi. - Kiev, 2010. - Vyp. 15. - S. 169-173.

4. Kuznecov Ju. M. Pnevmotransport: teorija i praktika. – Ekaterinburg: UrORAN, 2005. – 61 s.

5. Voloshin A. I. Mehanika pnevmotransportirovanija sypuchih materialov / A. I. Voloshin, B. V. Ponomarev. – K.: Naukova dumka, 2001. – 520 s.

6. Kasatkin A.G. Osnovnye processy i apparaty himicheskoj tehnologii. – M. : OOO TID «Al'jans», 2004 – 753 s.

7. Plaksin Ju.M. Processy i apparaty pishhevyh proizvodstv / Ju.M. Plaksin, N.N. Malahov, V.A. Larin. M.: Kolos, 2009. – 760 s.

8. Volodin N.P., Kastornyh M.G., Krivoshhein A.I. Spravochnik po aspiracionnym i pnevmotransportnym ustanovkam. – M.: Kolos, 1984.

9. Pat. 230

УДК 631.358:633,521

ВЛИЯНИЕ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ОЧЕСЫВАЮЩЕГО БАРАБАНА ЛЬНОКОМБАЙНА НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА НА ВЫХОДЕ ВОРОХА ИЗ КАМЕРЫ ОЧЕСА

Фадеев Денис Геннадьевич,
старший научный сотрудник,
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт механизации льноводства», г. Тверь, Российская Федерация, E-mail: d.fadeev@vniiml.ru

Галкин Алексей Васильевич,
кандидат технических наук, ученый секретарь,
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт механизации льноводства», г. Тверь, Российская Федерация, E-mail: vniiml1@mail.ru.

Фадеев Владислав Геннадьевич,
научный сотрудник,
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт

механизации льноводства», г. Тверь, Российская Федерация,
E-mail: vniiml1@mail.ru.

Реферат. *Известно, что при комбайновой уборке льна возникает много вопросов по качеству выполнения технологического процесса, связанных с состоянием стеблей, потерями семян. В эксперименте использовались льнокомбайн ЛК-4АМ, осуществляющий «последовательный» очес, при котором отделение семенных коробочек происходит постепенно от верхушки растения к зажимному транспортеру, и серийный ЛК-4А, который производит «полный» очес. Частота вращения барабана 260, 280, 300, 320 и 340 мин-1 устанавливалась с помощью сменных звездочек. Среднюю скорость воздушных потоков определяли с помощью чашечного анемометра путем исследования поля скоростей воздушного потока в выходном окне камеры очеса, площадь поперечного сечения которого была поделена сеткой. Изучали воздушный поток на выходе вороха из камеры очеса у гребневых очесывающе-транспортирующих аппаратов льнокомбайнов с различным типом очеса семенных коробочек со стеблей льна. Получены регрессионные модели, адекватные экспериментальным данным. Анализ экспериментальных данных показал, что воздушный поток, создаваемый барабанами льнокомбайнов, неравномерный. Наблюдается как вертикальная, так и горизонтальная асимметрия поля воздушного потока. Установлено, что конструкционные изменения гребневого очесывающе-транспортирующего устройства льнокомбайна практически не оказывают влияния на скорость воздушного потока на выходе вороха из камеры очеса. Рекомендуемая частота вращения гребневых очесывающе-транспортирующих барабанов составляет 285…300 мин-1.*

Ключевые слова: *льнокомбайн, очесывающе-транспортирующий аппарат, воздушный поток, «последовательный» и «полный» очес семенных коробочек.*

INFLUENCE OF THE ROTATING SPEED OF DESEEDING DRUM OF FLAX HARVESTER ON VARIABILITY OF THE AIR FLOW AT THE OUTPUT OF THE DECAPSULATION BOX

Fadeev Denis Gennadievich,
researcher, «All -Russian Research Institute of Flax Growing Mechanization»,
Tver, Russian Federation, E-mail: d.fadeev@vniiml.ru
Galkin Aleksei Vasilevich,
Cand. Sci. (Tech.), scientific executive secretary,
«All -Russian Research Institute of Flax Growing Mechanization», Tver, Russian Federation,
E-mail: vniiml1@mail.ru
Fadeev Vladislav Gennadievich
Researcher, «All -Russian Research Institute of Flax Growing Mechanization»
Tver, Russian Federation, E-mail: vniiml1@mail.ru

Abstract. *It is known that when a combine harvesting of flax raises many questions on the quality of the implementation process related to the state of the stems, loss of seeds. Flax harvesters LC-4M performing "serial" noil, in which the separation of seed capsules occurs gradually from the top of the plant to the clamping conveyor, and serial LC-4A, which produces a "full" noil were used*

in the experiment. Drum rotation frequency 260, 280, 300, 320 and 340 min-1 was established with the help of interchangeable Stars. Average speed of air flow is determined by a cup anemometer by field studies of air flow rates in the output window of noil chamber, the cross sectional area of which was divided by a grid. The air flow at the outlet of the heap from noil chamber at the ridge noil-transporting devices of flax harvesters with different types of noil of bolls from the stalks of flax were studied. Regression models adequate to the experimental data are obtained. The analysis of experimental data showed that the air flow generated by the drums of flax harvesters is uneven. Both vertical and horizontal asymmetry of the air flow field is observed. It was found that structural changes of the ridge noil-transporting device of flax harvesters virtually no effect on the air flow rate at the outlet of the heap of noil chamber. Recommended speed ridge of noil-transporting drums is 285 ... 300 min^{-1}.

Key words: *flax harvesters, noil-transporting device, air flow, "serial" and "complete" noil of seed capsules.*

Введение. Повышение эффективности технологий в льноводстве определяют конкурентоспособность отрасли на мировом уровне [1]. Для уборки льна-долгунца, наиболее затратного этапа во всем процессе возделывания льна, применяют четыре типа технологий: сноповая, комбайновая, раздельная и комбинированная. Технология комбинированной уборки является наиболее рациональной [2]. Она заключает в себе все преимущества раздельной и комбайновой технологий и не имеет их недостатков, но её применение сдерживается низкими масштабами производства льна, необеспеченностью предприятий специализированной техникой для возделывания и уборки льна, высокими производственными затратами и низкой привлекательностью отрасли для инвесторов.

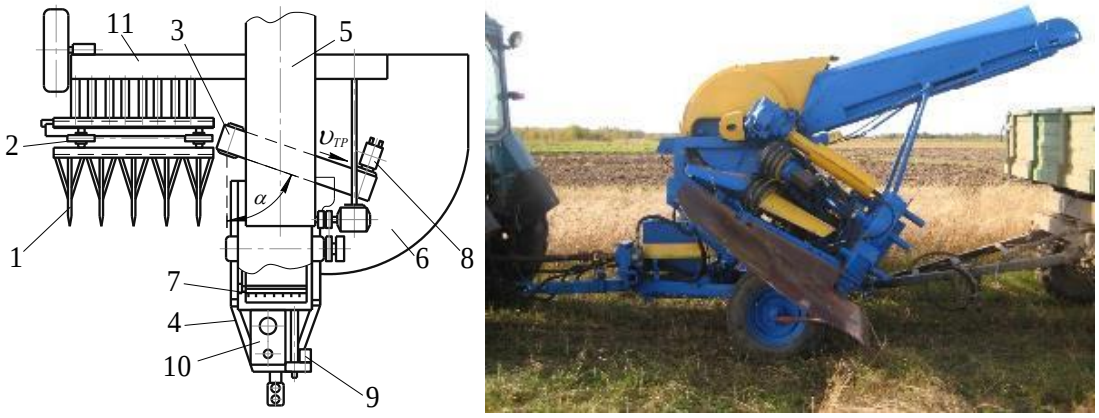
Однако, в настоящие время доминирующей является комбайновая технология уборки льна льнокомбайнами. Многолетний опыт использования льнокомбайнов ЛК-4А и ЛК-4Д указывает на их высокую надежность и эффективность.

Длительный срок применения этих машин выявил, что они не в полной мере отвечают требованиям, предъявляемым к ним по качеству выполнения технологического процесса. В частности, из-за несовершенства очесывающе-транспортирующей системы при их работе имеют место повышенный отход стеблей в путанину, обусловленный обрывом стеблей и размочаливанием их верхушечной части, особенно на уборке полеглых посевов. Также значительны потери семян, особенно выносом лентой из камеры очеса [3].

В полной мере эта задача остается не решенной. Поэтому работы, направленные на уменьшение потерь семян и отхода стеблей в путанину очесывающе-транспортирующими аппаратами льнокомбайнов являются актуальными.

С этой целью в ФГБНУ ВНИИМЛ был разработан льноуборочный комбайн ЛК-4АМ, у которого зажимной транспортер расположен под острым углом α к направлению движения агрегата, что позволяет осуществлять «последовательный» очес [4],, при котором отделение семенных коробочек происходит постепенно от верхушки растения к зажимному транспортеру (рис. 1)

Экспериментальная часть. Одним из факторов, влияющих на потери семян в процессе транспортирования, является величина и равномерность распределения воздушного потока в поперечном сечении выходного окна камеры очеса.



а) *б)*

а – схема, *б* – общий вид; 1 – теребильный аппарат; 2 – поперечный транспортер; 3 – зажимной транспортер; 4 – сница; 5 – транспортер вороха; 6 – расстилочный стол; 7 – очесывающий аппарат; 8 – гидромотор; 9 – гидронасос; 10 – гидробак; 11 – картер.

Рисунок 1 – Льноуборочный комбайна ЛК-4АМ

Цель исследования – определение величины и характера распределения воздушного потока на выходе из камеры очеса у льнокомбайнов с различным типом очеса семенных коробочек со стеблей льна.

Методика, применяемая для выявления средней скорости воздуха путем исследования поля скоростей воздушного потока, аналогична методикам, изложенным в работах [5, 6]. Согласно этой методике, площадь поперечного сечения выходного окна камеры очеса, была поделена сеткой на равновеликие площади (рис. 2). Далее в этих областях сечения, с помощью чашечного анемометра, были определены скорости воздушного потока (рис. 2, 3).

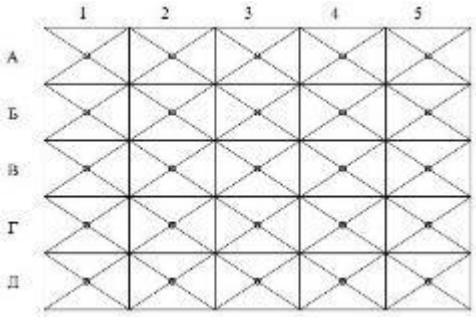
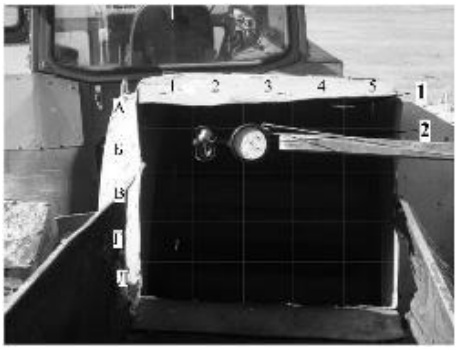


Рисунок 2 – Схема расположения точек измерения скорости воздушного потока в выходном окне камеры очеса



1 – сетка; 2 – чашечный анемометр.

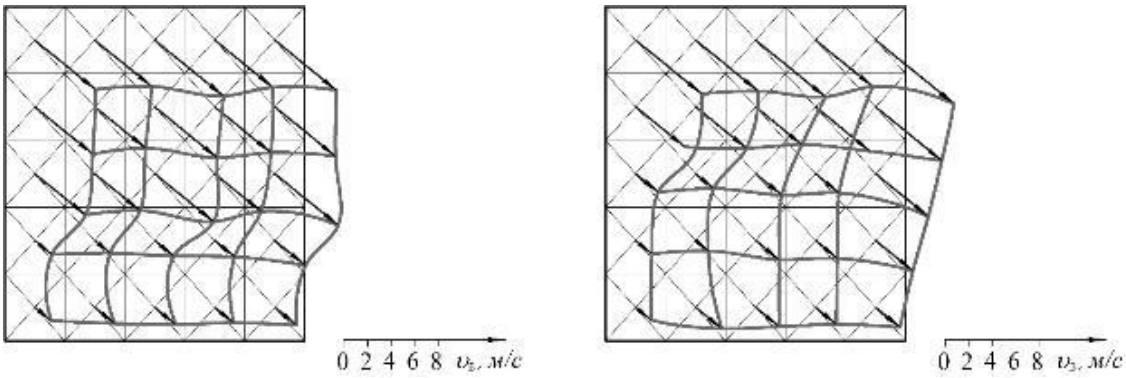
Рисунок 3 – Замер скорости воздуха в выходном окне камеры очеса

В эксперименте использовались льнокомбайн ЛК-4АМ, осуществляющий «последовательный» очес и серийный ЛК-4А, который производит «полный» очес. Частота вращения очесывающе-транспортирующего барабана 260, 280, 300, 320 и 340 мин$^{-1}$ устанавливалась с помощью сменных звездочек.

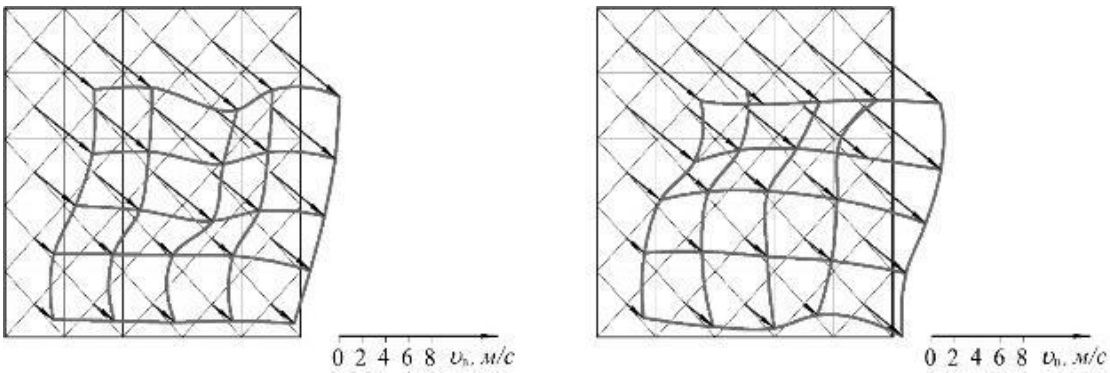
Результаты и их обсуждение. По полученным значениям построены графики распределения скоростей воздушного потока на выходе вороха из камеры очеса льнокомбайнов (рис. 4).

Получены зависимости средней скорости $\upsilon_в$ воздушного потока на выходе вороха из камеры очеса от частоты вращения $n_б$ очесывающе-транспортирующего барабана (рис. 5).

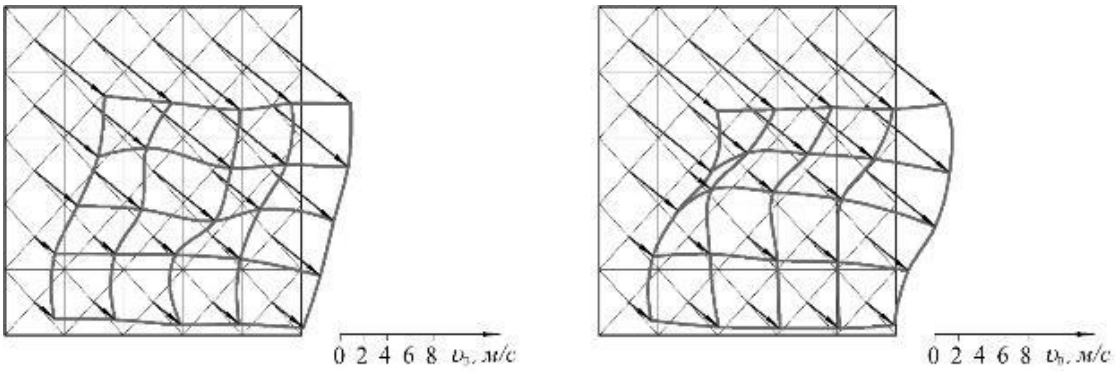
ЛК-4АМ (опытный) ЛК-4А (серийный)



а)



б)



в)

Рисунок 4 – Распределение скоростей $\upsilon_в$ воздушного потока в выходном окне вороха из камеры очеса льнокомбайнов ЛК-4АМ с «последовательным» очесом и ЛК-4А(серийный) при: а) $n_б$=260 мин$^{-1}$; б) $n_б$=300 мин$^{-1}$; в) $n_б$=340 мин$^{-1}$

Получены регрессионные модели, адекватные экспериментальным данным, представлены уравнениями (1) и (2). Для льнокомбайна ЛК-4АМ с «последовательным» очесом:

$$\upsilon_{В} = -2{,}035 + 0{,}0229 \cdot n_{á}\,, \qquad (1)$$

где $\upsilon_{В}$ – средняя скорость воздушного потока, м/с, $n_б$ – частота вращения очесывающе-транспортирующего барабана, мин$^{-1}$; для серийного льнокомбайна ЛК-4А:

$$\upsilon_{В} = -1{,}684 + 0{,}0219 \cdot n_{á}\,. \qquad (2)$$

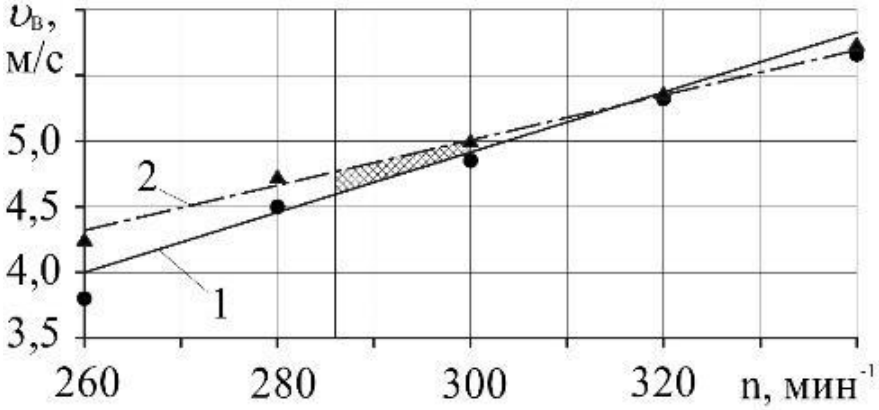


Рисунок 5 – Зависимость средней скорости $\upsilon_в$ воздуха на выходе вороха из камеры очеса от частоты вращения $n_б$ очесывающе-транспортирующего барабана: 1– ЛК-4АМ с «последовательным» очесом; 2– ЛК-4А (серийный)

Из рисунка 4 следует, что по ширине окна воздушный поток, создаваемый барабанами льнокомбайнов, неравномерный.

Установлено, сто средняя скорость $\upsilon_в$ воздушного потока на выходе вороха из камеры очеса у комбайна с «последовательным» очесом составила 3,79 м/с; 4,68 м/с; 4,98 м/с; 5,32 м/с; 5,66 м/с соответственно при $n_б$=260 мин$^{-1}$; 280 мин$^{-1}$; 300 мин$^{-1}$; 320 мин$^{-1}$; 340 мин$^{-1}$. У серийного ЛК-4А 4,26 м/с; 4,73 м/с; 4,99 м/с; 5,34 м/с; 5,68 м/с при этих же оборотах барабана. Это свидетельствует о том, что очесывающе-транспортирующие барабаны исследуемых аппаратов дают примерно одинаковый воздушный поток (рис. 5).

Выводы.

Эксперимент показал, что воздушный поток в выходном окне из камеры очеса по его поперечному сечению распределяется неравномерно. По высоте окна наибольшая скорость воздуха имеет место в его верхней части, а наименьшая – в его нижней части. Так же наблюдается горизонтальная асимметрия. Скорость воздуха в правой области сечения несколько выше, чем в левой. Это характерно для обоих очесывающе-транспортирующих аппаратов.

Результаты эксперимента показали, что конструкционные изменения гребневого очесывающе-транспортирующего аппарата льнокомбайна для осуществления «последовательного» очеса практически не оказывают влияния на скорость воздушного потока на выходе вороха из камеры очеса.

Исследования позволили рекомендовать частоту вращения обоих очесывающе-транспортирующих аппаратов 285..300 мин$^{-1}$. Большая частота вращения очесывающе-транспортирующих барабанов не рекомендуется из-за увеличения энергозатрат и динамических нагрузок на звенья механизмов, влияющих на долговечность работы.

Список литературы

1. Uschapovsky I. The russian flax sector: bottlenecks and solutions // Journal of Natural Fibers. 2009. Т. 6. № 1. С. 108-113.

2. Ковалев, М.М. Делители машин для уборки лубяных культур (конструкция, теория и расчет) монография .-М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. -244 с.

3. Галкин, А.В. Результаты испытаний льноуборочного комбайна с последовательным очесом [Текст] / А.В. Галкин, Д.Г. Фадеев //Агротехника и энергообеспечение.– 2014.– Т. 1.– № 1.– С. 191-195.

4. Патент №2321204 РФ МПК A01D 45/06. Льноуборочная машина [Текст] / Ковалев М.М., Козлов В.П., Ростовцев Р.А., Кудрявцев В.В., Фадеев Д.Г., Русакова М.М., Хайлис Г.А.; заявитель и патентообладатель ГНУ ВНИПТИМЛ Россельхозакадемии. – №2006132823/12; заявл. 14.09.06; опубл. 10.04.08, Бюл. №10.

5. Балдин, А.А. Повышение эффективности работы льноуборочного комбайна путем пневматического транспортирования вороха [Текст]: дис. … канд. техн. наук: 05.20.01/ Балдин Александр Александрович. – Кострома, 2003. – 144 с.

6. Ковалев, М.М. Влияние частоты вращения барабана на величину воздушного потока и его распределение на выходе вороха из камеры очеса льнокомбайна [Текст] / М.М. Ковалев, А.В. Галкин // Международная науч.-практ. конф. "Наука, сельское хозяйство и промышленность - пути развития и ожидаемые результаты", Вологда, 11-13 марта 2008 г. - С.290-295. – 307 с.

References

1. Uschapovsky I. The russian flax sector: bottlenecks and solutions // Journal of Natural Fibers. 2009. Т. 6. № 1. С. 108-113.

2. Kovalev, M.M. Deliteli mashin dlya uborki lubyanykh kul'tur (konstruktsiya, teoriya i raschet) monografiya .-M.: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2014. -244 s. (in russ.)

3. Galkin, A.V. Rezul'taty ispytaniy l'nouborochnogo kombayna s posledovatel'nym ochesom [Tekst] / A.V. Galkin, D.G. Fadeev //Agrotekhnika i energoobespechenie.– 2014.– T. 1.– № 1.– S. 191-195. (in russ.)

4. Flax machine: Pat. 2321204 Grew up. Federation: IPC A01D45/06 / Kovalev M. M., Kozlov V. P., Rostovtsev, R. A., Kudryavtsev V. V., Fadeev D. G., Rusakova M. M.; Hailes G. A.; applicant and patentee of the GNU VNIPTIML. No. 2006132823/12; Appl. 14.09.06; publ. 10.04.2008, bull. No. 10. (in russ.)

5. Baldin, A.A. Povyshenie effektivnosti raboty l'nouborochnogo kombayna putem pnevmaticheskogo transportirovaniya vorokha [Tekst]: dis. … kand. tekhn. nauk: 05.20.01/ Baldin Aleksandr Aleksandrovich. – Kostroma, 2003. – 144 s. (in russ.)

6. Kovalev, M.M. Vliyanie chastoty vrashcheniya barabana na velichinu vozdushnogo potoka i ego raspredelenie na vykhode vorokha iz kamery ochesa l'nokombayna [Tekst] / M.M. Kovalev, A.V. Galkin // Mezhdunarodnaya nauch.-prakt. konf. "Nauka, sel'skoe khozyaystvo i promyshlennost' - puti razvitiya i ozhidaemye rezul'taty", Vologda, 11-13 marta 2008 g. - S.290-295. – 307 s. (in russ.)

3166 Rossijskaja Federacija, MPK F04C 15/00. Zhidkostno-kol'cevaja mashina s avtomaticheskim regulirovaniem prohodnogo sechenija nagnetatel'nogo okna / Volkov A.V., Vorob'ev Ju.V., Nikitin D.V., Popov V.V., Rodionov Ju.V., Sviridov M.M.; zajavitel' i patentoobladatel' GOU VPO

Tamb. gos. tehn un-t. – № 2005116616/06; zajavl. 31.05.2005; opubl. 20.07.2007, Bjul. № 20. - 6 s.

10. Reglamentacija rashoda dopolnitel'noj zhidkosti v ZhVN s avtomaticheskim regulirovaniem razmera nagnetatel'nogo okna / Ju.V. Rodionov [i dr.] // Dinamikata na s#vremennata nauka. T. 13. Tehnologii: Materiali za 8-a mezhdunar. nauch. prakt. konf. - Sofija, 2012. - S. 18-21.

11. Rodionov, Ju.V. Sistema upravlenija zhidkostnokol'cevym vakuum-nasosom s avtomaticheskim regulirovaniem prohodnogo sechenija nagnetatel'nogo okna / Ju.V. Rodionov, I.A. Elizarov, D.V. Nikitin // Progressivnye tehnologii razvitija: sb. materialov 4-j Mezhdunar. nauch.–prakt. konf. - Tambov, 2007. – S. 118-121.

12. Rodionov, Ju.V. Issledovanie i vybor rezhimnyh parametrov processa sushki hmeletykvennoj zakvaski / Ju.V. Rodionov i dr. // Nauka v central'noj Rossii. 2016. №3 (21). S.15-24.

УДК 665.7038.2

ПРОМЫВОЧНОЕ МАСЛО НА БАЗЕ ОТРАБОТАННЫХ МОТОРНЫХ МАСЕЛ

Остриков Валерий Васильевич,
доктор технических наук, заведующий лабораторией,
Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, г. Тамбов, E-mail: viitinlab8@bk.ru
Кругов Виктор Фёдорович,
инженер,
Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, E-mail: viitinlab8@bk.ru
Вязинкин Виктор Сергеевич,
научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, г. Тамбов,
E-mail: viitinlab8@bk.ru
Сазонов Сергей Николаевич,
доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией,
Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, , г. Тамбов, E-mail: snsazon@mail.ru

Реферат. *Известно, что промывка системы смазки двигателя внутреннего сгорания от смол, отложений позволяет повысить эксплуатационные характеристики двигателя. Установлено, что при образовании смолистых отложений в области компрессионных и особенно маслосъёмных колец теряется их подвижность, снижается эффективность смазки, работающее в двигатели масло интенсивно накапливает загрязнения, уменьшается срок его службы. С целью снижения затрат и повышения эффективности использования ресурсов в сельскохозяйственном производстве разработан состав промывочного масла на основе очищенного отработанного моторного масла. Определено, что в состав промывочного масла входят 2 – 5 мас. % изопропилата калия, 2 – 5 мас. % дизельного топлива и 2 – 5 мас. % диметилсульфоксида, остальное очищенное отработанное моторное масло. В результате оценки моющих свойств состава промывочного масла в двигателе внутреннего сгорания Д-240 установлено, что загрязнённость поршней, снижается с 4,2 балов до 2,5, в то время как на товарном промывочном масле эти показатели составляют 4,0 и 3,4 соот-*

ветственно. При проведении физико-химического анализа промывочных масел до и после испытаний определено, что содержание нерастворимого осадка в масле после промывки двигателя, в известном масле выросло с 0 до 0,25%, а в разработанном составе промывочного масла содержание примесей увеличивается до 0,52%, что характеризует более эффективную промывку системы смазки двигателя.

Ключевые слова: *двигатель, загрязнённость, система смазки, промывочное масло, очистка.*

FLUSHING OIL BASED ON USED MOTOR OIL

Ostrikov Valery Vasilyevich
Full Doctor of technical Sciences, laboratory chief, All – Russian Research Institute of Machinery and Petroleum products in Agriculture, Tambov,
E – mail: viitinlab8@bk.ru
Krugov Viktor Fedorovich
Engineer, All – Russian Research Institute of Machinery and Petroleum products in Agriculture, Tambov, E – mail: viitinlab8@bk.ru
Vyazinkin Viktor Sergeyevich,
Researcher, All – Russian Research Institute of Machinery and Petroleum products in Agriculture, Tambov, E-mail: viitinlab8@bk.ru
Sazonov Sergey Nikolayevich,
Full Doctor of technical Sciences, professor, laboratory chief, All – Russian Research Institute of Machinery and Petroleum products in Agriculture, Tambov,
E-mail: snsazon@mail.ru

Abstract. *It is known that washing of the lubrication system of an internal combustion engine from pitches, deposits allows to raise operational characteristics of the engine. It is established that in case of formation of resinous deposits in the field of compression and especially oil scraper rings their mobility is lost, efficiency of greasing decreases, the oil working in engines intensively accumulates pollution, the term of its service decreases. For the purpose of cost reduction and increase of efficiency of use of resources in agricultural production the composition of flushing oil on the basis of the purified fulfilled engine oil is developed. Determined that the composition of the flushing oil comprises 2 to 5 wt. % isopropylate potassium, 2 – 5 wt. % of diesel fuel and 2 – 5 wt. % of dimethyl sulfoxide, and the rest is refined used motor oil. The evaluation of detergent properties of the composition of the flushing oil in an internal combustion engine D-240 it is established that the contamination of the pistons is reduced from 4.2 to 2.5 points, while the trademark of a wash oil, the figures are of 4.0 and 3.4, respectively. When carrying out physico-chemical analysis of wash oils before and after tests determined that the content of insoluble residue in the oil after flushing the engine, in a known oil increased from 0 to 0.25% and in the developed composition of the wash oil, the content of impurities is increased to 0.52%, which characterizes a more effective flushing of the lubrication system of the engine.*

Keywords: *engine, pollution, lubrication system, flushing oil, purification*.

Введение. В процессе работы двигателя при сгорании топлива на стенках цилиндров, поверхностях поршней, колец, впускных клапанов образуется нагар представляющий собой смолистые отложения. Данные отложения снижают эффективность отдачи тепла, влияют на температуру воспламенения топлива, приводят к изменению мощностных характеристик

двигателя. При образовании смолистых отложений в области компрессионных и особенно маслосъёмных колец теряется их подвижность, снижается эффективность смазки.[1,2,3,7]. Моторное масло при этом сгорает с образованием большого количества смолистых веществ попадающих в систему смазки и интенсивно загрязняющих моторное масло, снижая срок его службы.

Разработанное и предлагаемое большое разнообразие промывочных масел не всегда доступно для сельского товаропроизводителя, так как масла имеют достаточную высокую цену и их использование в дизельных двигателях тракторов предполагает больше объёмов масел к тому же как известно промывочные масла являются продуктом «одноразового» применения, что увеличивает затраты на техническое обслуживание машин [4,5,6].

С целью снижения затрат, и повышения эффективности использования ресурсов в сельскохозяйственном производстве ФГБНУ ВНИИТиН разрабатывает новый ресурсосберегающий состав промывочного масла.

В таблице 1 представлены результаты физико-химического анализа отработанного моторного масла до и после очистки по способу ФГБНУ ВНИИТиН.

Таблица 1 – Результаты физико-химического анализа отработанного масла используемого в качестве основы промывочного масла

Показатели	Отработанное масло	Очищенное масло (основа)
Вязкость кинематическая при 100°С, мм^2/с	10,5	10,0
Щелочное число, мг КОН/г	3,8	2,9
Кислотное число,мг КОН/г	2,1	0,6
Содержание нерастворимого осадка, %	0,9	0,001
Моющие свойства по ПЗВ, баллы	-	1,0
Цвет с разбавлением, ед. ЦНТ	9	4

Очищенное отработанное моторное масло имеет достаточно высокое (остаточное) щелочное число, свидетельствующее о присутствии в масле антиокислительных, противоизносных, антифрикционных присадок. Масло обладает высокими моющими свойствами. Цвет масла 4 балла и содержание нерастворимого осадка подтверждают высокую степень очистки и рациональность использования масла в качестве основы промывочного масла.

Очищенное отработанное моторное масло имеет более высокие противоизносные свойства (оцениваемые по диаметру пятна износа на четырёх-шариковой машине трения) по сравнению с маслом И-20А, используемому в качестве основы при приготовлении промывочных масел (таблица 2).

Таблица 2 – Противоизносные свойства основ промывочных масел

Показатель	Основа дистиллятный компонент (И-20А)	Очищенное отработанное моторное масло
Диаметр пятна износа определяемый на машинке трения КТ – 2, при температуре масла 80°С, мм.	0,41	0,22

Смешивание очищенного отработанного моторного масла с дизельным топливом позволяет снизить его вязкость, тем самым повысить прокачиваемость масла и увеличить моющую способность масла на период промывки двигателя.

Изопропилат калия является поверхностно – активным веществом, что увеличивает моющее действие масла по удалению как низкотемпературных, так и высокотемпературных

загрязнений маслосистемы. Диметилсульфоксид при нагревании является биполярным апротонным растворителемкарбоанионов.

Материалы и методы. Состав промывочного масла готовится следующим образом.В предварительно очищенное отработанное моторное масло при постоянном перемешивании механическим способом добавляют следующие компоненты: при температуре 20 – 25°С вносят 2 – 5 мас. % изопропилата калия, который получен путём смешивания при комнатной температуре изопропилового спирта с кристаллическим едким кали при соотношении 8 % едкого кали и 92 % изопропилового спирта; после чего масло нагревают до 50°С и добавляют 2 – 5 мас. % дизельного топлива, затем смесь продолжают нагревать до 70 – 80°С и вносят 2 – 5 мас. % диметилсульфоксида. После добавления компонентов полученное масло продолжают перемешивать механическим способом в течении 15 – 20 минут без нагрева.

Моющие свойства приготовленных образцов промывочных масел прототипа и заявленного состава оценивали в соответствии со специально разработанной методикой в полноразмерном двигателе Д – 240 на стенде КИ-4355. Наработка двигателя до момента оценки степени загрязнённости деталей составила 250 мото-часов, работающего под нагрузкой на масле М – 10 $Г_2$. После завершения работы двигатель разбирался и оценивалось степень его загрязнённости. Далее двигатель собирался. Масло отработавшее сливалось. В картер двигателя заправлялся образец промывочного масла. Двигатель запускался и работал на холостом ходу 20 – 25 минут. После чего двигатель останавливали и проводили разборку для оценки количества отложений на деталях двигателя. Показателем эффективности промывочных масел является изменение количества отложений оцениваемое в баллах.

Результаты и обсуждение. Результаты оценки степени загрязнённости двигателя Д – 240 показаны в таблице 3.

Таблица 3 – Изменение количества отложений на деталях двигателя Д – 240

Оцениваемые детали двигателя до и после испытаний	Промывочное масло			
	Известное промывочное масло		Разрабатываемый состав промывочного масла	
	Загрязнение деталей до, балл.	Загрязнение деталей после, балл.	Загрязнение деталей до, балл.	Загрязнение деталей после, балл.
3,5	2,8	3,6	2,0	
3,8	3,3	3,7	2,1	
Поршни	4,0	3,4	4,2	2,5

В качестве сравниваемого варианта промывочного масла рассматривался образец масла, выпускаемого по техническим условиям одного из ведущих нефтеперерабатывающих предприятий России.Из данных, представленных в таблице 3 видно, что количество отложений на деталях двигателя после промывки предложенным составом масла уменьшилось на 44,5% по сравнению с промывкой известным составом на 20 %. Приведённые данные свидетельствуют о более высоких эксплуатационных свойствах разрабатываемого состава масла.

Помимо оценки загрязнённости деталей и эффективности промывки деталей определялось содержание механических примесей и нерастворимого осадка в испытуемых маслах до начала и в конце испытаний (таблица 4).Приведённые данные свидетельствуют о том, что разработанный состав масла обладает лучшими моющими свойствами, так как его загрязнённость выросла в конце испытаний по сравнению с прототипам в два раза.

Таблица 4 – Содержание механических примесей и нерастворимого осадка в испытуемых маслах

Показатели загрязнённости масла	Промывочное масло			
	Известное масло		Разрабатываемый состав	
	До испытаний	После испытаний	До испытаний	После испытаний
Содержание механических примесей, %	отс.	0,10	отс.	0,21
Содержание нерастворимого осадка, %	отс.	0,25	отс.	0,52

Технологический процесс промывки при использовании предлагаемого промывочного масла заключается в следующем.

Отработанное в двигателе моторное масло сливается. В картер двигателя заправляется промывочное масло, состоящее из очищенного отработанного масла (предварительно очищенное отработавшее и слитое с двигателя масло), дизельного топлива, диметилсульфоксида и изопропилата калия. Двигатель запускается и работает на холостом режиме 15 – 20 минут. Далее двигатель останавливается, проводится очистка центрифуги системы смазки. После чего в картер двигателя заправляется свежее масло.

Выводы. По результатам исследований установлено, что предлагаемый состав промывочного масла обладает высокими моющими свойствами, позволяющими производить эффективную очистку системы смазки, тем самым повысить эксплуатационные свойства тракторов и продлевать их срок службы. Использование в качестве основы промывочного масла, очищенного отработанного моторного масла позволяет снизить затраты на техническое обслуживание и эксплуатацию, повысить эффективность использования ресурсов в АПК.

Список литературы

1. Бугаев В.Н. Эксплуатация и ремонт форсированных тракторных двигателей. М.: Колос, 1981. 208 с.

2. Ленский А.В. Специализированное техническое обслуживание ма-шинно-тракторного парка. М.: Росагропромиздат, 1989. 236 с.

3. Бабусенко С.М. Ремонт тракторов и автомобилей. 3-е изд. М.: Аг-ропромиздат, 1987. 351 с.

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

5. Промывка двигателя перед заменой масла: [Электронный ресурс] // 308-club. URL: http://www.308-club.ru/news/promyvka-dvigatelya-pered-zamenoj-masla (дата обращения: 9.Июнь.2016).

6. Сазонова Д.Д., Сазонов С.Н. Оценка эффективности использования производственно-технических ресурсов в формировании хозяйства // Вестник МичГАУ. 2014. № 4. С. 96-103.

7. Буров, А.Л., Макашев, Т.К. Основы технического обслуживания автомобилей: учеб. пособие. 2-е изд. М.: МГИУ, 2009. 100 с.

8. Остриков В.В., Тупотилов Н.Н., Корнев А.Ю., Власов С.В. Смазочная композиция на основе отработавшего масла на основе отработав-шего моторного масла // Химия и технология топлив и масел. 2006. № 4. С. 35-37.

References

1. Bugaev V. N. Maintenance and repair of the uprated traction motors. M.: Kolos, 1981. 208.

2. Lensky A.V. Specialized maintenance of machine and tractor fleet. M: Rosagropromizdat, 1989. 236 p.

3. Babusenko S. M. Repair of tractors and cars. 3-e Izd. M.: Ag-ropromizdat, 1987. 351 p

4. Ostrikov V. V., Ukhanov, A. P., Safarov, K. W., Nagornov S. A., Kleimenov, O. A., prokhorenkov V. D., Fuel, lubricants and technical liquids: proc. allowance. Ulyanovsk: Ulyanovsk, GSA, 2009. 575 p.

5. Flush the engine before the oil change: [Electronic resource] // 308-club. URL: http://www.308-club.ru/news/promyvka-dvigatelya-pered-zamenoj-masla (reference date: 15.Mart.2016).

6. Sazonova D.D., Sazonov S.N. Evaluating the effectiveness of the use of technological resources in shaping the economy // Herald MichGAU. 2014. № 4. S. 96-103.

7. Burov, A.L., Makashev, T.K. Fundamentals of vehicle maintenance: Proc. allowance. 2nd ed. M .: MGIU, 2009. 100 p.

8. Ostrikov V.V., Tupotilov N.N., Kornev A.Y., Vlasov S.V. The lubri-cant composition on the basis of waste oil on the basis of the spent engine oil // Chemistry and technology of fuels and oils. 2006. № 4. S. 35-37.

УДК 66.081.63

СОРБЦИОННО – ДИФФУЗИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОУЛЬТРАФИЛЬТРАЦИОННОГО РАЗДЕЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАСТВОРОВ БИОХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

Лазарев Сергей Иванович
доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, E-mail: geometry@mail.nnn.tstu.ru
Ковалева Ольга Александровна
кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, e-mail: solomina-oa@yandex.ru.
Лавренченко Анатолий Александрович
аспирант ФГБОУ ВО Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, E-mail: geometry@mail.nnn.tstu.ru
Насонов Алексей Александрович
аспирант ФГБОУ ВО Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, E-mail: geometry@mail.nnn.tstu.ru
Стрельников Александр Евгеньевич
аспирант ФГБОУ ВО Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, E-mail: geometry@mail.nnn.tstu.ru

Реферат. *Известно, что электроультрафильтрация относится к баромембранным процессам разделения. В работе представлены результаты экспериментальных исследований по разделению технологических растворов послеспиртовой мелассной барды производства ОАО «Биохим», г. Рассказово электроультрафильтрационным методом. Помимо продуктов переработки мелассы (белки, полисахариды и т.д.) разделяемый раствор содержит сульфат калия и уксусную кислоту. Показана схема миграции ионов калия и уксусной кислоты при электроультрафильтрационной обработке промышленных*

технологических растворов. В статье отмечается, что раствор диссоциирует на ионы, а при наложении на исследуемую систему разности электрических потенциалов при ультрафильтрации, катионы K^+ мигрируют через прикатодную мембрану, а анионы SO_4^{2-} через прианодную мембрану и отводятся в пермеат. Уксусная кислота слабо, но диссицирует на катионы H^+ и анионы CH_3COO^-, которые вместе с водой мигрируют в тракт пермеата. В материалах статьи представлены результаты экспериментальных исследований по диффузионной проницаемости и сорбционной способности мембран УПМ-К, УФМ-100, УАМ-100, УАМ-150 в зависимости от концентрации и температуры раствора, а также представлены расчетные зависимости позволяющие аппроксимировать полученные в натурном эксперименте результаты. Показано, что с повышением температуры в исходном растворе коэффициент диффузии увеличивается для всех типов мембран из-за увеличения подвижности ионов и молекул, как в пограничном слое, так и в матрице мембраны.

Ключевые слова: *электроультрафильтрация, мембраны, процесс, разделение.*

SORPTION - DIFFUSION CHARACTERISTICS ELEKTRO ULTRAFILTRATION SEPARATION PROCESS SOLUTIONS OF BIOCHEMICAL PRODUCTION

Lazarev Sergey Ivanovich
Full Doctor of Technical Sciences, prof., FGBOU VO Tambov state technical University, Tambov, E-mail: geometry@mail.nnn.tstu.ru
Kovaleva Olga Aleksandrovna
Cand. Sci. (Tech.), Assoc. Prof., FGBOU VO Tambov state technical University, Tambov, e-mail: solomina-oa@yandex.ru
Lavrenchenko Anatoliy Aleksandrovich
graduate student FGBOU VO Tambov state technical University, Tambov, E-mail: geometry@mail.nnn.tstu.ru
Nasonov Aleksey Aleksandrovich
graduate student FGBOU VO Tambov state technical University, Tambov, E-mail: geometry@mail.nnn.tstu.ru
Strel'nikov Aleksandr Yevgen'yevich
graduate student FGBOU VO Tambov state technical University, Tambov, E-mail: geometry@mail.nnn.tstu.ru

Abstract*. It is known that elektro ultrafiltration relates to baromembrane processes of separation. The paper presents the results of experimental studies on the separation of technological solutions molasses distillery dreg elektro ultrafiltraton method at «Biochim» Rasskazovo. In addition to products of molasses processing (proteins, polysaccharides, etc.) the solution contains potassium sulfate and acetic acid. Scheme of migration of of potassium ions and acetic acid in the elektro ultrafiltraton treatment of industrial technological solutions is shown. The article notes that the solution dissociates into ions, and when applied to the studied system electrical potential difference at ultrafiltration K^+ cations migrate through the membrane near the cathode and SO_4^{2-} anions migrate through the membrane near the anode and is discharged into the permeate. The materials of the article results of experimental studies on the diffusive permeability and the sorption capacity of the membranes an УПМ-К, УФМ-100, УАМ-100, УАМ-150 depending on the concentration and temperature of the solution are presented, and calculated according allow approximate the results obtained in the full-scale experiment, are presented. It is shown that the diffusion coefficient in-*

creases with temperature in the starting solution for all types of membranes due to increased mobility of ions and molecules in the boundary layer and in the matrix of the membrane.

Key words: *elektro ultrafiltration, membrane, process, separation.*

Введение. Важной характеристикой процесса электроультрафильтрации является кинетика механизма [1], который зависит от ряда факторов: типа системы мембрана-раствор, давления, температуры, концентрации и от плотности тока. На рисунке 1 показана схема миграции ионов калия и уксусной кислоты при электроультрафильтрационной очистке технологических растворов, содержащих, помимо продуктов переработки мелассы, сульфат калия и уксусную кислоту. При наложении разности потенциалов в процессе электроультрафильтрации сульфат калия диссициирует на катионы K^+ и анионы SO_4^{2-}. Катионы мигрируют через прикатодную мембрану, а анионы - через прианодную отводятся в пермеат. Уксусная кислота слабо диссицирует на катионы H^+ и анионы CH_3COO^-, которые вместе с водой мигрируют в тракт пермеата.

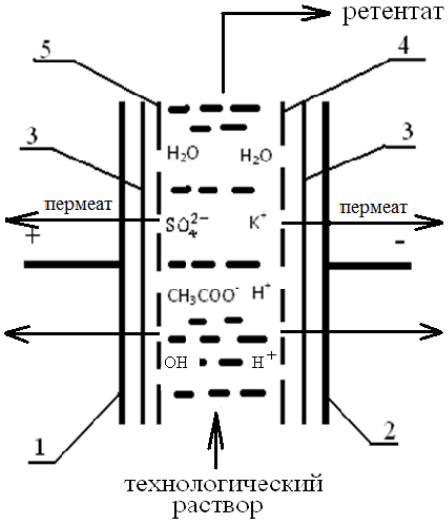


Рисунок 1 - Схема миграции ионов в электроультрафильтрационной камере:
1- пористый анод; 2 – пористый катод; 3 – подложка;
4 – прикатодная мембрана; 5 – прианодная мембрана

Результаты экспериментов и их обсуждение. На рисунках 2 и 3 приведены зависимости концентрации растворенного вещества в мембране и коэффициента распределения от концентрации и температуры раствора. На сорбционную способность мембран влияет физическая природа растворенных компонентов в разделяемой смеси [2-4]. В процессе сорбции атомы поверхности адсорбента взаимодействуют с молекулами растворенных веществ и с молекулами растворителя. Чем более растворимо исследуемое вещество, тем оно меньше сорбируется сорбентом.

При сорбции коллоидных веществ мембранами из водных растворов атомы радикалов могут располагаться на поверхности пор активного слоя ультрафильтрационных мембран, а группы образуют водородные связи с молекулами растворителя (воды), и ионогенные функциональные группы проникают внутрь раствора пограничного слоя, то есть молекулы таких веществ могут располагаться перпендикулярно сорбционной поверхности ультрафильтрационных мембран.

Для теоретического описания экспериментальных данных по сорбционной емкости (рисунки 2 и 3) было получено выражение (1), основанное на уравнении Фрейндлиха:

$$C_M = b \cdot C_{исх}^n \cdot (T_0 / T)^m \quad (1)$$

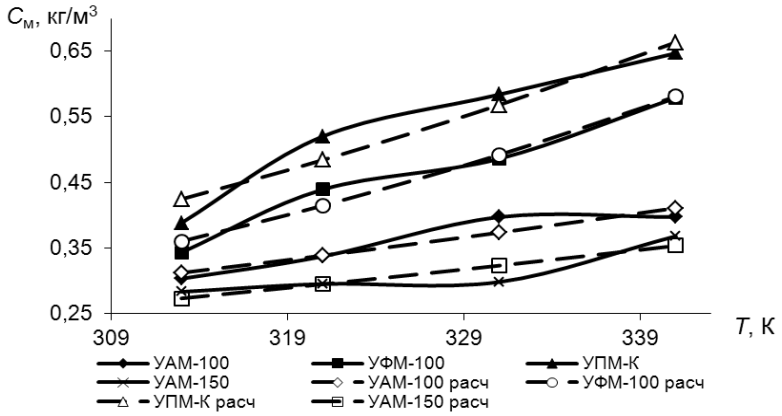


Рисунок 2 - Зависимость концентрации растворенного вещества в мембране от температуры биологического раствора для мембран УАМ-100, УФМ-100, УАМ-150 и УПМ-К

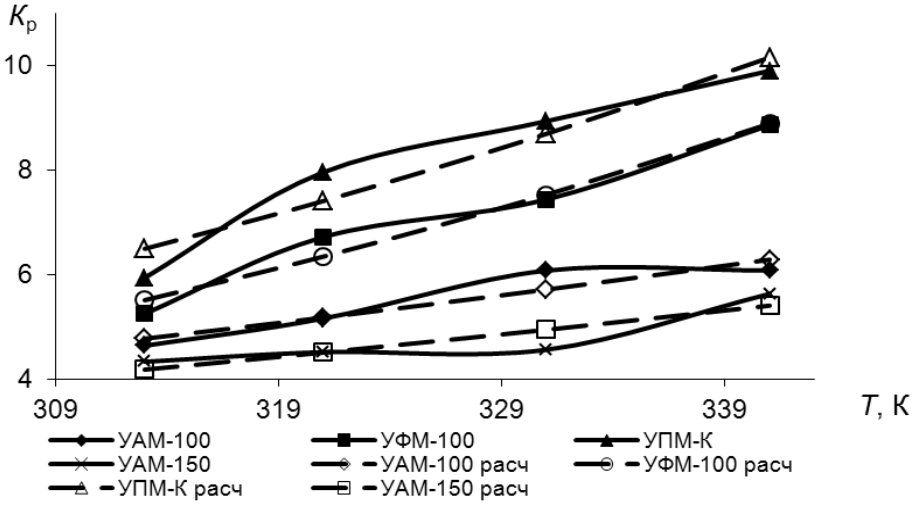


Рисунок 3 - Зависимость коэффициента распределения от температуры раствора для мембран УАМ-100, УФМ-100, УАМ-150 и УПМ-К [93]

Для теоретического расчета коэффициента распределения в полимерной мембране использовано выражение (2):

$$k_p = (b \cdot C_{исх}^n \cdot (T_0 / T)^m) / C_{исх} \quad (2)$$

где b, n, m – значения эмпирические коэффициентов.

Значения эмпирических коэффициентов для выражений 1 и 2, зависящие от температуры и природы исследуемого технологического раствора и вида мембран приведены в таблице 1.

Таблица 1- Значения эмпирических коэффициентов, зависящие от температуры и природы исследуемого технологического раствора и вида мембран

Коэффициент	b	n	m
УПМ-К	1,188833	0,504138	5,219517
УАМ-150	1,149823	0,59985	3,002901
УАМ-100	1,159192	0,559151	3,21302
УФМ-100	1,62512	0,56489	5,5813

Другой кинетической величиной является диффузионная проницаемость, выражаемая соответствующим коэффициентом. которая зависит от материала мембраны, природы растворенных веществ и их концентраций в растворе, температуры и гидродинамической обстановки в аппарате [5-7]. Нами проведены исследования по влиянию природы растворенных веществ, концентрации и температуры раствора на диффузионной проницаемости мембран УПМ-К и УАМ-150. После определения концентрации растворов до и после эксперимента рассчитывали диффузионную проницаемость мембран с использованием зависимости:

$$D_\partial = \frac{C_2 \cdot V_2 \cdot \delta}{(C_1 - C_2) \cdot F_м \cdot \tau \cdot k_p} \quad (3)$$

Зависимости диффузионной проницаемости от температуры исследуемых систем раствор-мембрана представлены на рисунках 4 и 5. Из представленных данных следует, что с повышением температуры в исходном растворе коэффициент диффузии увеличивается для всех типов мембран. Повышение коэффициента диффузионной проницаемости вызвано увеличением подвижности ионов и молекул, как в пограничном слое, так и в матрице мембраны.

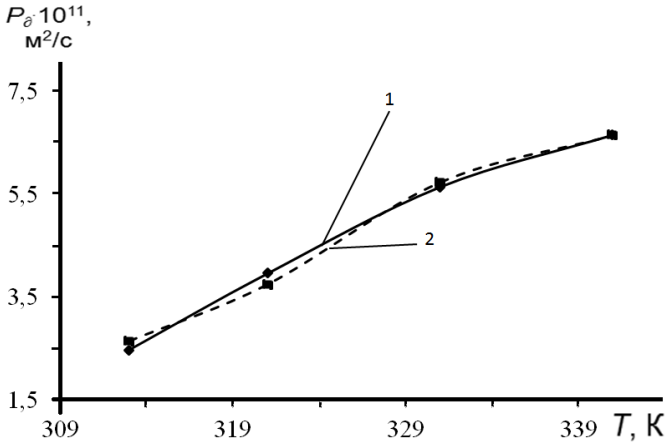


Рисунок 4 - Зависимость коэффициента диффузионной проницаемости от температуры технологического раствора биохимических производств, мембрана УПМ - К.1 (сплошная линия) – эксперимент, 2 (пунктиром) – расчетные данные

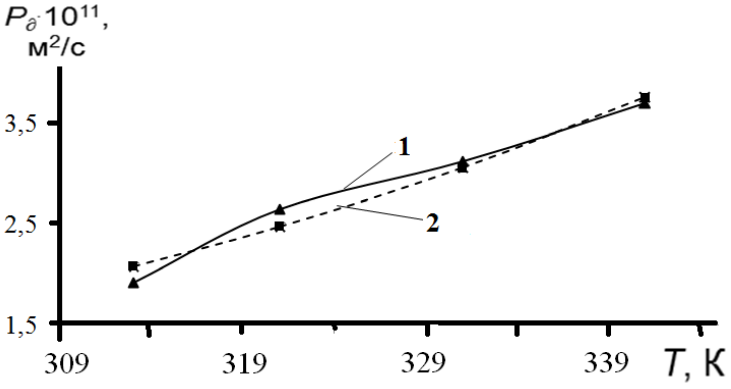


Рисунок 5 - Зависимость коэффициента диффузионной проницаемости от температуры технологического раствора биохимических производств, мембрана УАМ – 150; 1 (сплошная линия) – эксперимент, 2 (пунктиром) – расчетные данные

Для аналитического расчета коэффициента диффузионной проницаемости получено выражение:

$$P_{\partial} = a \cdot \exp\left(b \cdot C\right)\left(\frac{T}{T_0}\right)^m \qquad (4)$$

где a, b, m – эмпирические коэффициенты, зависящие от природы исследуемых растворов и типа мембран, приведенные в таблице 2.

Таблица2 - Эмпирические коэффициенты уравнения (3.4)

Коэффициент	a 10^{11}	b	m
УПМ-К	1.23	1.93	1.38
УАМ-150	1.31	2.06	6.87

Выводы. В заключение следует отметить, что проведены экспериментальные исследования по сорбционной емкости и коэффициенту диффузионной проницаемости позволили получить зависимости их от концентрации и температуры раствора, математические выражения для теоретического расчета и численные значения эмпирических коэффициентов для ультрафильтрационных мембран.

Список литературы

1. Лавренченко А.А. Исследование кинетических характеристик динамических мембран в процессе ультрафильтрационной очистки промышленных растворов биохимических производств / Лазарев С.И.// Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского, Тамбов, 2015 №3 С. 28-34

2. Головашин В.Л. Сорбционные характеристики обратноосмотических мембран. / Лазарев К.С., Ковалев С.В., Чепеняк П.А. // Сорбционные и хроматографические процессы.- 2010.- Т.10. Вып.2.- С.201 - 207.

3. Лавренченко А.А. Исследование сорбционной активности ультрафильтрационных мембран в биологических растворах биохимических производств/ Лазарев С.И., Лазарев К.С.// Вестник Тамбовского государственного университета им. Г.Р. Державина, Тамбов 2015 т.20 вып.4 С.916-919

4. Чалых А.Е. Сорбция и диффузия воды в поливинилпирролидоне. /Чалых А.Е., Герасимов В.К., Щербина А.А., Кулагина Г.С., Хасбиулин Р.Р. // Высокомолекулярные соединения. - 2008. Т.50.№6. - С.977-988.

5. Брок Т. Мембранная фильтрация. Пер. с англ. - М.: Мир, 1987.- 464 с.

6. Лазарев С.И. Исследование диффузионной и осмотической проницаемости полимерных мембран / Лазарев С.И., Коробов В.Б., Коновалов В.И. Тамб. ин-т хим. машиностр. - Тамбов, 1989. - 12с. Деп. в ОНИИТЭХИМа 21.08.89, № 807 - хп 89.

7. Гребенюк В.Д. Осмотическая и диффузионная проницаемость гомогенных ионообменных мембран / Гребенюк В.Д., Гудрин Т.Д.// Коллоидный журнал. - 1987.- Т.49, №2. С.336 - 339.

References

1. Lavrenchenko A.A. Issledovaniye kineticheskikh kharakteristik dinami-cheskikh membran v protsesse ul'trafil'tratsionnoy ochistki promyshlennykh rastvorov biokhimicheskikh proizvodstv / Lazarev S.I.// Voprosy sovremennoy nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo, Tambov, 2015 №3 S. 28-34

2. Golovashin V.L. Sorbtsionnyye kharakteristiki obratnoosmoticheskikh membran. / Lazarev K.S., Kovalev S.V., Chepenyak P.A. // Sorbtsionnyye i khroma-tograficheskiye protsessy.- 2010.- T.10. Vyp.2.- S.201 - 207.

3. Lavrenchenko A.A. Issledovaniye sorbtsionnoy aktivnosti ul'tra-fil'tratsionnykh membran v biologicheskikh rastvorakh biokhimicheskikh proiz-vodstv/ Lazarev S.I., Lazarev K.S.// Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo universiteta im. G.R. Derzhavina, Tambov 2015 t.20 vyp.4 S.916-919

4. Chalykh A.Ye. Sorbtsiya i diffuziya vody v polivinilpirrolidone. /Chalykh A.Ye., Gerasimov V.K., Shcherbina A.A., Kulagina G.S., Khasbiulin R.R. // Vysokomolekulyarnyye soyedineniya. - 2008. T.50.№6. - S.977-988.

5. Brok T. Membrannaya fil'tratsiya. Per. s angl. - M.: Mir, 1987.- 464 s.

6. Lazarev S.I. Issledovaniye diffuzionnoy i osmoticheskoy pronitsaye-mosti polimernykh membran / Lazarev S.I., Korobov V.B., Konovalov V.I. Tamb. in-t khim. mashinostr. - Tambov, 1989. - 12s. Dep. v ONIITEKHIMa 21.08.89, № 807 - khp 89.

7. Grebenyuk V.D. Osmoticheskaya i diffuzionnaya pronitsayemost' gomogen-nykh ionoob-mennykh membran / Grebenyuk V.D., Gudrin T.D.// Kolloidnyy zhur-nal. - 1987.- T.49, №2. S.336 - 339.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Отпечатано ООО «Максимал информационные технологии»
398017, г. Липецк, ул. Ушинского, 8
Email: naukacr@yandex.ru. Тел. +7 (920) 246-20-64:
Подписано в печать 12.12.2016 Заказ № 60513-01
Формат 60x84/8. Бумага офсетная. Печать электрографическая.
Гарнитура Times. Объем – 10,34 усл. печ. л. Тираж 100 экз.