



НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ
Республиканское унитарное предприятие
«Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси
по механизации сельского хозяйства»

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
(Минск, 17–18 октября 2019 г.)

Минск
«Беларуская навука»
2019

УДК [631.171+633/635+636]:631.152.2(082)

ББК 40.7я43

Н34

Редакционная коллегия:

д-р техн. наук, проф., чл.-кор. НАН Беларуси П. П. Казакевич
(главный редактор), Е. В. Корзун

Рецензенты:

д-р техн. наук, проф., чл.-кор. НАН Беларуси П. П. Казакевич,
д-р техн. наук, проф. В. Н. Дашков, д-р техн. наук, проф. В. И. Передня,
д-р техн. наук, проф. Л. Я. Степук, д-р техн. наук, проф. И. Н. Шило,
д-р техн. наук, доц., чл.-кор. НАН Беларуси В. В. Азаренко,
д-р техн. наук, доц. И. И. Гируцкий

Н34 **Научно-технический** прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-техн. конф. (Минск, 17–18 окт. 2019 г.) / редкол.: П. П. Казакевич (гл. ред.), Е. В. Корзун. – Минск : Беларуская навука, 2019. – 227 с.

В сборнике приведены материалы научных исследований, результаты опытно-конструкторских и технологических работ по разработке инновационных технологий и технических средств для их реализации при производстве продукции растениеводства и животноводства. Рассмотрены вопросы технического сервиса машин и оборудования, электрификации и автоматизации, использования топливно-энергетических ресурсов, разработки и применения энергосберегающих технологий, информационно-управляющих систем.

Материалы сборника могут быть использованы сотрудниками НИИ, КБ, специалистами хозяйств, студентами вузов и колледжей аграрного профиля.

УДК [631.171+633/635+636]:631.152.2(082)

ББК 40.7я43

© РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации
сельского хозяйства», 2019

© Оформление. РУП «Издательский дом
«Беларуская навука», 2019

С. Г. Яковчик, к. с.-х. н., доц., **Н. Г. Бакач**, к. т. н., доц.,
Ю. Л. Салапура, к. т. н., доц.,
В. И. Володкевич, **С. Ф. Лойко**, **Е. В. Кислов**

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь,
e-mail: belagromech@tut.by*

МЕХАНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ И ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Приведен анализ состояния в области механизации технологических процессов возделывания и первичной переработки льна-долгунца в Республике Беларусь. Показана эффективность применения разработанного отечественного комплекса машин и оборудования. Приведены основные направления дальнейших научных исследований в данной области.

Ключевые слова: возделывание льна, уборка льна, первичная переработка льна, льноволокно, льносемена, технологическое оборудование.

S. G. Yakovchik, PhD in Agricultural sciences, Assoc. Prof.,
M. G. Bakach, PhD in Engineering sciences, Assoc. Prof.,
Y. L. Salapura, PhD in Engineering sciences, Assoc. Prof.,
V. I. Volodkevich, Head of Laboratory,
S. F. Loyko, Head of Laboratory,
E. V. Kislov, researcher

*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»,
Minsk, Republic of Belarus,
e-mail: belagromech@tut.by*

MECHANIZATION OF TECHNOLOGICAL PROCESSES CULTIVATION AND PRIMARY PROCESSING FLAX IN THE REPUBLIC OF BELARUS

The analysis of the state in the field of mechanization of technological processes of cultivation and primary processing of flax in the Republic of Belarus. Efficiency of application of the developed domestic complex of cars and the equipment is shown. The main directions of further research in this area are given.

Keywords: flax cultivation, flax harvesting, primary processing of flax, flax fiber, flax seeds, technological equipment.

Введение

Производство льна в Республике Беларусь является исторически традиционным и направлено на удовлетворение потребности населения в льняных тканях и изделиях, а также на экспорт льнопродукции.

В последние годы площадь возделывания льна-долгунца варьировалась в пределах 46–47 тыс. га, при средней урожайности льнотресты – 2,9–3,1 т/га и средним номером волокна – 0,9–1,1 [1]. В 2018 году площадь посевов в республике составила 50,0 тыс. га а в 2019 году – 51,1 тыс. га, в том числе в Брестской области – 6,1 тыс. га, Витебской – 15,0 тыс. га, Гомельской – 5,0 тыс. га, Гродненской – 7,1 тыс. га, Минской – 10,0 тыс. га и Могилевской области – 7,9 тыс. га. Средняя урожайность льнотресты составляет около 33,9 ц/га при планируемом валовом сборе около 162,8 тыс. тонн и среднем ее номере – 1,01.

В то же время для эффективной работы льноводческого комплекса необходимо: возделывание льна на площади не менее 55,0 тыс. га при урожайности льноволокна – 12 ц/га и среднем

номере льнотресты не ниже 1,25. Кроме того, с целью получения высококачественного длинного волокна, на 70% площадей должна обеспечиваться раздельная уборка, а остальные площади должны отводиться под семеноводческие посевы.

Для обеспечения заданных показателей в области механизации процессов возделывания и уборки льна в стране создан и производится базовый комплекс машин к тракторам различных тяговых классов для обработки почвы, посева, внесения минеральных удобрений, ухода за посевами и уборки льна.

Так, для основной подготовки почвы РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» создано, а предприятиями республики освоено производство гаммы плугов от 3-х до 12-и корпусов для гладкой вспашки к тракторам различных тяговых классов. В настоящее время имеется около 3,5 тыс. ед. плугов от 7-и до 12-ти корпусов при технологической потребности в них 4,8 тыс. ед. (обеспеченность 73,2%). Для предпосевной подготовки почвы создано семейство комбинированных почвообрабатывающих агрегатов типа АКШ шириной захвата от 3,6 до 9 метров, из которых в настоящее время имеется около 2,0 тыс. ед. шириной захвата 6 и более метров при технологической потребности в них 3,1 тыс. ед. (обеспеченность – 64,2%). Для внесения твердых минеральных удобрений под посев льна может быть задействовано около 4,8 тыс. ед. машин центробежного типа при технологической потребности в них около 8,8 тыс. ед. (обеспеченность – 54,6%).

Для посева льна в республике используются различные почвообрабатывающе-посевные агрегаты как с активными рабочими органами (ВМРЗ-300 ОАО «Витебский мотороремонтный завод»), так и с пассивными рабочими органами (СЗТМ-4 производства ОАО «Витебский мотороремонтный завод», АПП-6АБ-Л и АППМ-6Л – ОАО «Брестский электромеханический завод») [2]. Однако основным недостатком применяемых агрегатов является неравномерное распределение семян льна по площади питания и глубине их заделки, что ведет к снижению полевой всхожести семян льна на 10...20%.

В РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» совместно с ОАО «Оршаагропромаш» разработан и предложен к производству почвообрабатывающе-посевной агрегат АПЛ-4 (рисунок 1), обеспечивающий предпосевную обработку почвы и механический высев семян льна ленточным способом с одновременным внесением стартовой дозы гранулированных минеральных удобрений. Применение данного агрегата, в сравнении с агрегатом АППМ-6Л, показало, что урожайность льноволокна выше на 0,6 т/га и составила соответственно 5,9 т/га, при среднем номере длинного волокна и одинаковом выходе волокна — 11,0 и 11,5 соответственно. Фактически, за счет использования агрегата АПЛ-4, может быть получена дополнительная прибыль с 1 га в сумме 50–70 рублей.



Рисунок 1. – Почвообрабатывающе-посевной агрегат для льна АПЛ-4

В дальнейшем, для обеспечения заготовки качественной льнотресты, требуется и соответствующая техника. Для уборки посевов льна без очеса коробочек используются теребилки ТСЛ-2,4 производства ДП «Щучинский ремонтный завод» с применением комплектующих фирмы «Devoortere» (Бельгия) которых в настоящее время имеется в количестве 135 ед., а также 20 ед «Лида-GE220» производства ОАО «Лидагропроммаш» с применением комплектующих фирмы «Union» (Бельгия) и 14 ед. ЛТС-2 производства ГП «Экспериментальный завод». Также в хозяйствах имеется 169 ед. льнотеребилков при потребности в них 214 ед. (в том числе ТЛН-1,9 ГП «Экспериментальный завод» (рисунок 2)).

Для уборки семеноводческих посевов в качестве основной машины используется прицепной комбайн ЛК-4А (производства ОАО «Бежецксельмаш» Тверская область, РФ) и его аналог «Двина-4» (производства ОАО «Калинковичский ремонтно-механический завод»), которых имеется в количестве 360 ед. Кроме того, используются самоходные однопоточные комбайны КЛС-3,5 (РУП «Гомельский завод сельскохозяйственного машиностроения ПО «Гомсельмаш») в количестве 64 ед. и 4 единицы двухпоточных комбайнов «Лида-У30» (ОАО «Лидагропроммаш») с применением комплектующих фирмы «Union». Общий парк льноуборочных комбайнов составляет 428 ед. при потребности в них 273 ед. Однако износ применяемых льноуборочных комбайнов типа ЛК-4А составляет около 90%, поэтому требуется и их замена.

Для подготовки льнотресты к уборке в период вылежки применяются однопоточные самоходные оборачиватели ОЛЛ-1 (ГП «Экспериментальный завод», рисунок 3), которых имеется в количе-



Рисунок 2. – Теребилка лент льна ТЛН-1,9



Рисунок 3. – Оборачиватель лент льна ОЛЛ-1

стве 105 ед. и ОСЛ-1 (ДП «Щучинский ремонтный завод») в количестве 195 ед., а также двухпоточные оборачиватели «Лида-GE240» (ОАО «Лидагропроммаш») в количестве 20 ед. Также находят применение вспушватели лент льна ВЛН-4,5 (ОАО «УКХ «Бобруйскагропромаш»), которых имеется в количестве 177 ед. Однако, применение этих машин не обеспечивает выполнение агротехнических требований механизированной уборки льнотресты при её урожайности свыше 3,0 т/га.

Поэтому для повышения качества и производительности на уборке льна в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» завершается разработка ворошилки-вспушвателя лент льна ВВЛ-3 (рисунок 4), обеспечивающей вспушивание одновременно трех лент за один проход независимо от сформированных лент шириной 1,2–1,5 метра.

Для прессования льнотресты имеется 742 пресс-подборщика, из которых 100 самоходных. Прицепные пресс-подборщики в количестве 642 ед. представлены моделями ПРЛ-150 в количестве 582 ед. ППЛ-1 (ОАО «УКХ «Бобруйскагропромаш») в количестве 20 ед. и ППУ-165 (СООО «Ферабокс») в количестве 40 ед.; самоходные – ПРС-1 (производства РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» совместно с компанией «Dehondt Technologies» (Франция)) в количестве 83 ед., ПЛС-1,5 ДП «Щучинский ремонтный завод» с использованием машинокомплектов компании «Deroortere» (Бельгия) в количестве 15 ед. и 2 ед. пресс-подборщика фирмы «Deroortere» (Бельгия).

Несмотря на высокую стоимость самоходные пресс-подборщики имеют ряд технологических преимуществ. РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», на основании полученного опыта использования самоходных пресс-подборщиков, разработало отечественный самоходный пресс-подборщик льна ПЛС-1 (рисунок 5), который обеспечивает формирование слоя льнотресты требуемых параметров, оборудуется системой оперативного управления рабочим процессом. Машина обеспечивает показатели выполнения процесса на уровне лучших импортных аналогов. При этом предполагаемая её стоимость будет как минимум в два раза меньше стоимости импортных аналогов.

Одним из направлений деятельности РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» является разработка машин для первичной переработки льна в республике. В настоящее время уже создан ряд новых базовых машин, отвечающих современным требованиям. Для повышения качества льнопереработки, снижения энергоёмкости и повышения производительности наши перспективные исследования направлены на создание современных технологий льнопереработки.

Переработка льнотресты в республике осуществляется на 24 льнозаводах, на 46 технологических линиях, из которых 9 линий импортного производства (7 линий DEPOORTERE NV, 2 – VAN DOMMELE ENGINEERING NV). Производственная мощность этих заводов составляет 180 тыс. тонн льнотресты. В 2018 году льнозаводами системы Минсельхозпрода переработано



Рисунок 4. – Ворошилка-вспушватель лент льна ВВЛ-3



Рисунок 5. – Самоходный пресс-подборщик льна ПЛС-1

123,8 тыс. тонн льнотресты средним номером 0,85 и произведено 32,7 тыс. тонн льноволокна, в том числе длинного – 6,36 тыс. тонн средним номером 10,36, короткого 26,36 тыс. тонн средним номером 2,82. Удельный вес длинного льноволокна составил 19,4% (в 2017 г.–17,6%). В январе-мае 2019 года переработано 57,1 тыс. тонн льнотресты и получено 16,0 тыс. тонн льноволокна, в т. ч. длинного 2,8 тыс. тонн, короткого – 13,2 тыс. тонн, удельный вес длинного льноволокна –21,2%.

Для модернизации существующих технологических линий российского производства РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработан ряд машин для технологических линий выработки длинного и короткого льноволокна и организовано их производство.

Для линий выработки длинного льноволокна разработана и поставлена на серийное производство раскладочная машина МР-1400, которая позволяет механизировать процесс размотки рулонов как с проложенным внутри рулона шпагатом, обеспечивая при этом его смотку, так и без шпагата.

Для подсушки слоя льнотресты перед механической переработкой разработана машина сушильная тресты МСТ-2, которая устанавливается в линии выработки длинного льноволокна между размотчиком рулонов льнотресты и слоеформирующей машиной. Сушилка оборудована системой автоматического регулирования параметров агента сушки: температуры и влажности.

Для подготовки слоя льнотресты к мятью и трепанию разработана и поставлена на серийное производство слоеформирующая машина МС-6,97, позволяющая повысить качество формируемого слоя льнотресты и выход длинного волокна за счет снижения неравномерности слоя по толщине, снижения доли стеблей, не попадающих в зажим транспортеров трепальной машины.

Для переработки отходов трепания льнотресты в короткое волокно разработана трясыльная машина МТ-1,3, основная функция которой снизить массовую долю костры и сорных примесей в обработанных отходах трепания, а, следовательно, и массу материала, поступающего в сушильную машину, сокращая затраты тепловой энергии на подсушку.

Для производства короткого волокна разработана линия ЛКЛВ-0,75, предназначенная для замены куделеприготовительных агрегатов КПАЛ, КПАЛ-И на существующих льнозаводах [3]. Опытный образец линии ЛКЛВ-0,75 смонтирован в технологическом потоке на ОАО «Любанский льнозавод», где с октября 2013 года переработано свыше 4 198,1 тонн льнотресты.

Выводы

В настоящее время, перед учеными и конструкторами РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», стоит задача по разработке и освоению в производстве отечественных мяльной и трепальной машин для линии выработки длинного льноволокна, а также проходного пресса для линии выработки короткого льноволокна и сушильной машины. В основе лежит обобщенный опыт работы подобного оборудования зарубежных фирм, используемого на льнозаводах республики. С этой целью ведутся исследования по поиску технических решений, направленных на совершенствование переработки льнотресты.

Литература

1. Сельское хозяйство Республики Беларусь. Статистический сборник. – Минск: Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2019 – 212 с.
2. Лойко, С. Ф. Анализ конструктивных особенностей машин с механическими системами высева при посеве льна / С. Ф. Лойко, С. В. Старосотников // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 70-летию со дня образования РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» (Минск, 18–20 окт. 2017 г.) / редкол.: П. П. Казакевич (гл. ред.), Л. Ж. Кострома. – Минск : Беларуская навука, 2017. – С. 169–172.
3. Перепечаев, А.Н. Исследование влияния частоты вращения мяльных валцов в мяльно-трепальном агрегате линии ЛКЛВ-0,75 на заостренность и разрывное усилие скрученной ленточки короткого льноволокна / А. Н. Перепечаев, А. Л. Рапинчук // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве : материалы междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 110-летию со дня рождения академика М. Е. Мацепуро (Минск, 17–18 окт. 2018 г.) / редкол.: П. П. Казакевич (гл. ред.), Л. Ж. Кострома. – Минск : Беларуская навука, 2018. – С. 61–64.

УДК 631.333:631.862

Поступила в редакцию 25.08.2019
Received 25.08.2019

Л. Я. Степук, д. т. н., проф., **С. Г. Яковчик**, к. с.-х. н. доц.,
Н. Д. Лепешкин, к. т. н. доц., **П. П. Бегун**, к. т. н.

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь,
e-mail: behun@mail.ru*

АГРЕГАТ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ НАВОЗА АНМ-10

В статье рассмотрены существующие способы и технические средства для удаления навоза на молочно-товарных фермах и комплексах. Предложен новый multifunctional агрегат, способный удалять навоз из помещений и остатки корма с кормовых столов, а также очищать от навоза прифермские выгульные площадки с твердым покрытием. Представлены его устройство и работа, приведены технические характеристики.

Ключевые слова: уборка навоза, дельта-скреперное оборудование, бесподстилочный навоз, агрегат для удаления навоза, скрепер, бульдозер, вертикальный элеватор.

L. Y. Stepuk, S. G. Yakovchik, N. D. Lepeshkin, P. P. Behun

*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»,
Minsk, Republic of Belarus,
e-mail: himvsh@mail.ru*

UNIT FOR REMOVAL OF MANA ANN-10

The article discusses the existing methods and technical means for removing manure on dairy farms and complexes and proposed a new multifunctional unit capable of removing not only manure from rooms, but also removing feed residues from feed tables, cleaning hard-surfaced farm platforms from manure. Presented his device and work. The technical characteristic is given.

Keywords: manure removal, delta scraping equipment, liquid manure, manure removal unit, scraper, bulldozer, vertical elevator.

Одним из наиболее узких мест, с точки зрения сложности и трудоемкости, в механизации производственных процессов на молочно-товарных фермах и комплексах в настоящее время является процесс удаления навоза. На его долю приходится более 30% общих затрат при производстве продукции животноводства. Это связано с большим суточным выходом и перемещением навоза как внутри, так и вне животноводческих помещений. При нормальном кормлении животных суточный выход экскрементов пропорционален массе животного: для крупного рогатого скота – 8–10% от живой массы, для свиней – 6–8%.

На большинстве построенных в последние годы молочно-товарных фермах и комплексах с боксовым содержанием, удаление навоза из помещений осуществляется с помощью дельта-скреперного оборудования (более 10 млн т полужидкого навоза) или бульдозеров (при содержании скота на сменяемой подстилке). Подстилка оказывает значительное влияние на микроклимат в помещении и, как следствие, на количество и качество органических удобрений. Она впитывает (связывает) свободную жидкость, содержащуюся в экскрементах, и технологическую воду; поглощает влагу и вредные газы, выделяемые животными; улучшает условия содержания животных, так как создает более мягкое, тёплое и сухое ложе; улучшает физико-механические и биологические свойства навоза. Липкость навоза уменьшается, он становится рыхлым, что создаёт условия для интенсивного протекания биотермических процессов.

Эти способы удаления навоза имеют как определенные достоинства, так и недостатки.

В настоящее время известен еще один способ удаления навоза из помещений с помощью полуприцепной пневматической машины HONEY-VAC и механической машины HONEY LOADER американской фирмы LOEVEN [1, 2].

Использование таких машин при новом строительстве молочно-товарных ферм и комплексов исключает необходимость строительства поперечных навозных каналов в коровниках, канализационных навозных станций, магистральных трубопроводов для перекачки навоза в основное навозохранилище, что, по данным Института «Белгипроагропищепром», позволит снизить стоимость строительства коровника на 400 голов не менее чем на 100 тыс. рублей. Кроме того, на действующих фермах и комплексах КРС с дельта-скреперным оборудованием данная машина является незаменимой при выходе из строя этого оборудования и при его демонтаже при износе [3].

Все изложенное выше позволяет сделать следующий вывод:

– для условий Республики Беларусь с ее широкой номенклатурой животноводческих предприятий по назначению, их размерам, системам содержания животных, средствам механизации производственных процессов, технологическим решениям животноводческих зданий, определяющих получение различного навоза, необходима многофункциональная прифермская машина, способная удалять из помещений различные виды навоза (полужидкого, сменяемой подстилки), удалять остатки корма с кормовых столов, очищать от навоза прифермские выгульные площадки с твердым покрытием.

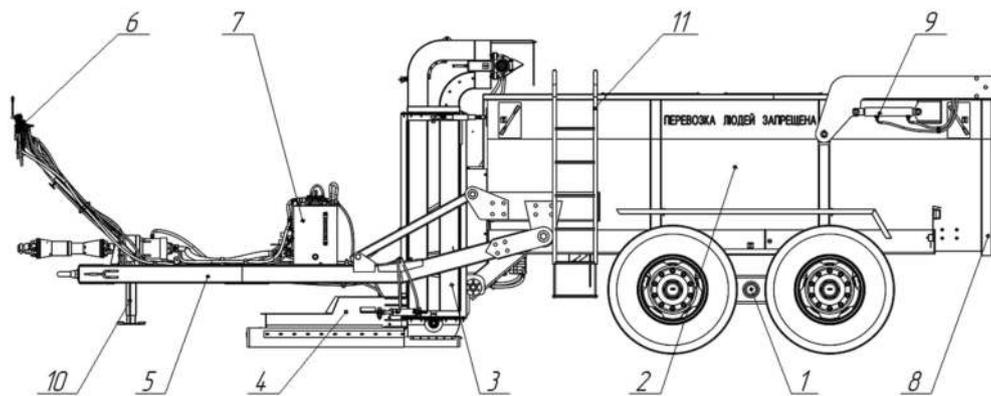
На данный момент РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработан экспериментальный образец такого агрегата.

На рисунке 1 приведена технологическая схема многофункционального агрегата для удаления навоза из помещений молочно-товарных ферм и комплексов. Он состоит из следующих основных частей: шасси 1, кузова 2, вертикального цепочно-планчатого элеватора 3, скрепера 4, сницы 5, пульта управления 6 приводами рабочих органов агрегата.

Шасси агрегата представляет собой двухосную балансирную тележку. Кузов – цельнометаллический, сварной. В нижней части – полуцилиндрический, с вертикальными бортами, внутри которого помещен выгрузной ленточный шнек (рисунок 2). Задняя стенка кузова 8 открывается с помощью гидроцилиндра 9. Сверху кузов закрывается сеткой, что обеспечивает безопасность при техническом обслуживании агрегата. Слева кузова, по ходу движения агрегата, располагается лестница 11.

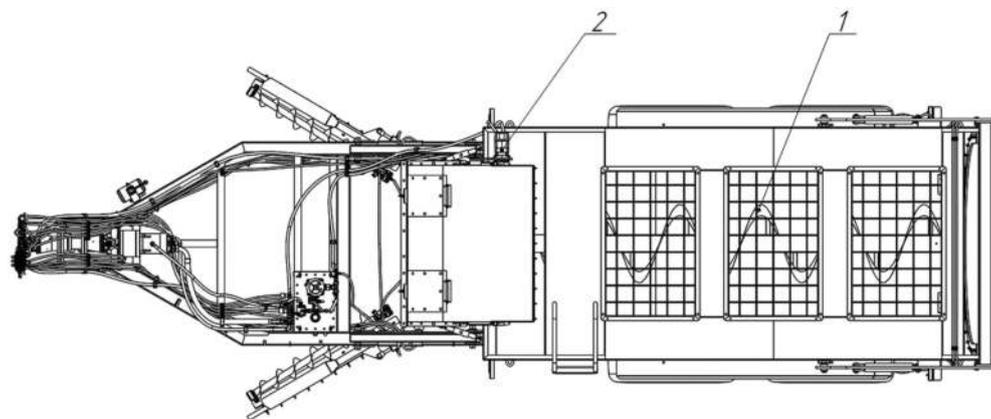
На снице 5 агрегата помещен масляный бак 7 и пульт управления 6 приводами рабочих органов. Сбоку сницы 5 установлена опора 10.

В соответствии с рисунком 3 цепочно-планчатый элеватор состоит из кожуха, разделенного на два канала: подающий 1 и возвратный 2, внутри которых перемещаются две роликовые цепи



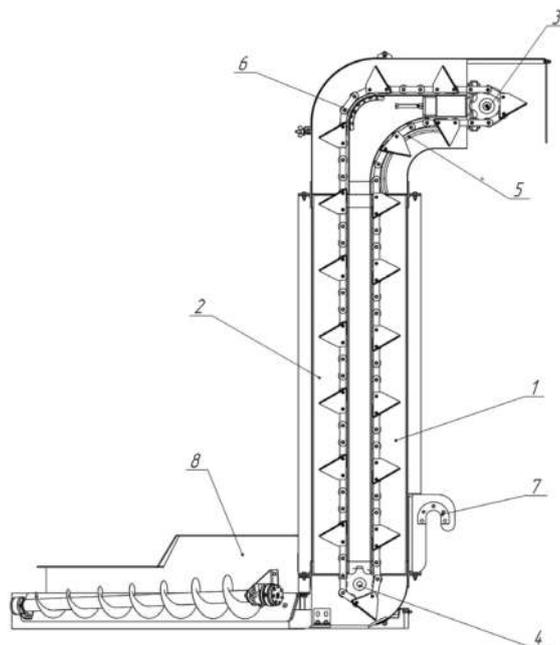
1 – шасси; 2 – кузов; 3 – элеватор; 4 – скрепер; 5 – сница; 6 – пульт управления; 7 – масляный бак; 8 – задняя стенка; 9 – механизм открытия-закрытия задней стенки; 10 – опора; 11 – лестница

Рисунок 1. – Технологическая схема агрегата (вид сбоку)



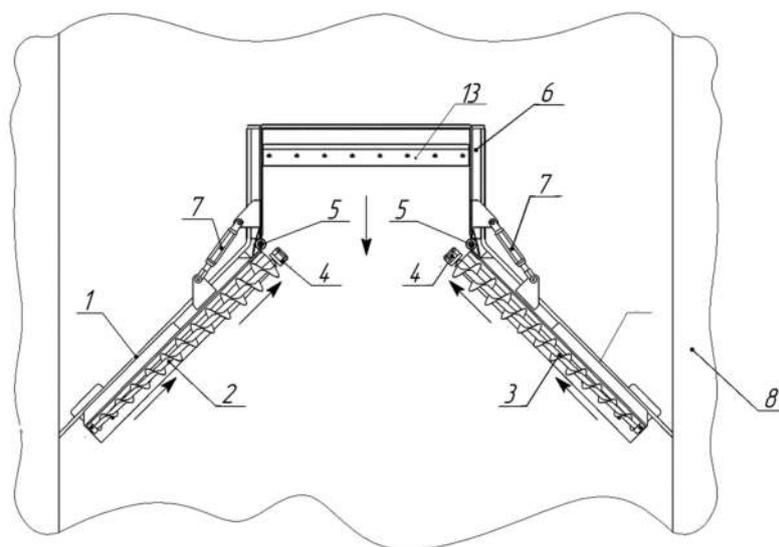
1 – шнек разгрузочный; 2 – гидромотор

Рисунок 2. – Технологическая схема агрегата (вид сверху)



1 – подающий канал; 2 – возвратный канал; 3 – ведущий вал; 4 – ведомый вал; 5 – направляющие подающей ветви; 6 – направляющие возвратной ветви; 7 – кронштейны опорные; 8 – скрепер

Рисунок 3. – Схема вертикального цепочно-планчатого элеватора в разрезе



1 – отвалы; 2, 3 – шнеки бескожухие; 4 – гидромоторы; 5 – оси; 6 – остова скрепера;
7 – гидrocилиндры; 8 – стенки канала

Рисунок 4. – Схема пассивно-активного скрепера

с планками, опираясь на подшипниковые опоры ведущего вала 3 и ведомого 4. В верхней части кожуха элеватора закреплены специальные направляющие 5 и 6 для опоры роликов цепей подающей ветви и возвратной, соответственно. Благодаря этому скребки в верхней части меняют направление движения из вертикального в горизонтальное и тем самым обеспечивается освобождение их от несущего материала с подачей его в кузов. Привод элеватора осуществляется гидромотором 2.

Элеватор помещается между продольными лонжеронами снуды и опирается на специальную ось двумя кронштейнами 7. В верхней части элеватор соединяется с передней частью кузова посредством талрепов, с помощью которых регулируется наклон его в ту или иную сторону от вертикали, а следовательно, и эквидистантность отвалов скрепера относительно дна канала.

Скрепер агрегата состоит из двух пассивных отвалов 1 (рисунок 4), с присоединенными к ним с внутренней стороны правым 2 и левым 3 бескожухими шнеками, привод которых осуществляется гидромоторами 4. Отвалы 1 соединены посредством вертикальных осей 5 с остовом 6 скрепера, жестко прикрепленным к нижней части элеватора (рисунок 3). Рабочая ширина захвата устанавливается соответственно ширине навозного канала 8 с помощью гидrocилиндров 7.

Техническая характеристика

<i>Тип агрегата</i>	<i>полуприцепной</i>
<i>Объем кузова, м³</i>	<i>10</i>
<i>Грузоподъемность, т</i>	<i>10</i>
<i>Максимальная ширина захвата скрепера, м</i>	<i>3</i>
<i>Ширина загрузочного элеватора, мм</i>	<i>1200</i>
<i>Скорость движения цепи загрузочного элеватора, м/с</i>	<i>0,5</i>
<i>Транспортная высота, мм</i>	<i>3350</i>
<i>Габаритные размеры:</i>	
<i> ширина, мм</i>	<i>2550</i>
<i> длина, мм</i>	<i>8000</i>
<i> высота, мм</i>	<i>2800</i>
<i>Масса, кг</i>	<i>5480</i>

Технологический процесс работы многофункционального агрегата заключается в следующем. Заехав через въездные ворота (рисунок 5) в помещение, механизатор останавливается

в начале навозного канала, разводит отвалы 1 с помощью гидроцилиндров 7 до соприкосновения с его стенками 8 (рисунок 4) и опускает загрузочное устройство вместе со скрепером до соприкосновения с дном канала. Далее механизатор включает гидромоторы 5 привода шнеков 2 и 3, загрузочный элеватор и соответствующую передачу трактора, и агрегат начинает движение вдоль канала. Слой навоза, находящийся в створе пассивных отвалов, сгребается со дна канала, сужается и одновременно увеличивается по высоте. При этом навоз перемещается подобно бульдозеру. При увеличивающейся высоте слоя вращающимися винтами 2 и 3 навоз подается к загрузочному отверстию подающей ветви цепочно-планчатого элеватора, где захватывается его планками и, в соответствии с рисунками 3 и 1, по той же ветви транспортируется в кузов 2 агрегата. После заполнения кузова навозом выключаются все приводы рабочих органов, складываются отвалы скрепера и загрузочное устройство переводят в транспортное положение (рисунок 6). Далее агрегат переезжает к навозохранилищу, открывает задний борт, включает привод донного винтового конвейера и выгружает содержимое кузова в хранилище.

Проведенные исследовательские испытания экспериментального агрегата в целом подтвердили его работоспособность. Он обеспечивает высокое качество подбора полужидкого навоза из каналов. Полученные материалы позволили доказать более высокую экономическую эффективность использования нового агрегата в сравнении с зарубежным аналогом HONEY VAC и с бульдозерным удалением навоза. Расчетные данные представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сводные показатели экономической эффективности

Показатель	Беларусь 1221+АНМ-10 в сравнении с Беларус 1221+Honey-Vac 3125 (10)	Беларусь 1221+АНМ-10 в сравнении с Бульдозером на базе Беларус 820
Годовая экономия затрат труда, чел.-ч	–	9561,6
Степень снижения затрат труда,%	–	87,7
Годовая экономия себестоимости механизированных работ, тыс. руб.	28,36	0,67
Степень снижения себестоимости работ,%	57,5	3,1
Годовая экономия топлива, кг	309,8	1520,6
Степень снижения расхода топлива,%	14,3	45,0
Срок окупаемости капитальных вложений, лет	4,97	–*

* Не рассчитывался вследствие незначительной разницы в величине прямых эксплуатационных затрат.



Рисунок 5. – Многофункциональный агрегат в работе



Рисунок 6. – Многофункциональный агрегат в транспортном положении

После устранения отдельных конструктивных недостатков, выявленных в процессе исследовательских испытаний агрегата, будут проведены предварительные и приемочные испытания опытного образца.

Литература

1. Apparatus for collecting material from a surface: US8997 (B2). Loewen Welding & Manufacturing Ltd. (CA) – Appl. No. 13/335,321; Filed: December 22, 2011; Patented 04.07.2015.
2. Пневматическая машина с лопастным подгребателем фирмы NUHN. [http:// nuhn.ca/products/manure-tanks/alley-vac](http://nuhn.ca/products/manure-tanks/alley-vac).
3. Яковчик С. Г. Новое направление в механизации удаления навоза из помещений молочно-товарных ферм и комплексов / Яковчик С. Г., Степук Л. Я., Лепешкин Н. Д. / Материалы международной научно-практической конференции «Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве», (Минск, 17–18 октября 2018 г).

А. В. Ленский, к. э. н., **А. А. Жешко**, к. т. н., доц.

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь,
e-mail: alex_lensky@mail.ru; azeshko@gmail.com*

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ДАННЫХ О МЕТЕОНАБЛЮДЕНИЯХ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

Эффективность ведения сельскохозяйственного производства и моделирование технологий в растениеводстве на основе данных о метеонаблюдениях.

Ключевые слова: Сельскохозяйственное производство, растениеводство, технологии растениеводства, данные метеонаблюдений, планирование полевых работ.

A. V. Lensky, PhD., **A. A. Zheshko**, PhD., Assoc.

*RUE "SPC NAS of Belarus on agricultural mechanization",
Minsk, Republic of Belarus,
e-mail: alex_lensky@mail.ru; azeshko@gmail.com*

PROSPECTS FOR APPLICATION OF DATA ON METEO-OBSERVATIONS FOR SIMULATION OF TECHNOLOGIES IN PLANT CROPS

Efficiency of agricultural production and modeling of technologies in crop production based on meteorological observations.

Keywords: agricultural production, crop production, crop production technologies, meteorological observations, field work planning.

Для эффективного ведения сельскохозяйственного производства необходимо обладать аналитической информацией о возможных погодных условиях, а также влиянии климатических факторов на ожидаемую продуктивность культур. В то же время на стадии планирования такая информация зачастую либо отсутствует, либо ее получение сопряжено с большим объемом сложных вычислений. Это предполагает принятие решений при разработке технологий возделывания продукции растениеводства на основе практического опыта и с учетом всевозможных сочетаний агрометеорологических факторов, которые могут изменяться в достаточно широком диапазоне даже для конкретных полевых участков.

Применительно к отрасли сельского хозяйства проблема эффективного использования статистических метеоданных заключается в следующем:

- необходимость уточнения стандартных прогнозов до границ конкретного полевого участка, что требует применения стационарных полевых метеостанций;
- необходимость учета и контроля большого количества показателей, влияющих на эффективность возделывания сельскохозяйственных культур и планирования полевых работ;
- сложность или невозможность долгосрочного прогнозирования предварительной климатической оценки.

Тем не менее в многочисленных исследованиях приводятся результаты разработок математических моделей и методов прогнозирования метеоусловий на основе статистической информации. К наиболее актуальным и перспективным направлениям научных исследований относятся:

1. Разработка математических моделей построения метеопрогноза, основанных на работе нейронных сетей, которые позволяют вычислить предположительные метеопараметры в искомой местности на основе предыдущих метеоданных. При этом могут использоваться методы группировки нейронных сетей для получения более точных результатов.

2. Разработка моделей прогнозирования, основанных на вычислении текущих спектров временных процессов, с построением долгосрочных прогнозных функций.

3. Локальное применение глобальных численных моделей прогнозирования (квазигидродинамических моделей атмосферы), мезомасштабных численных систем, региональных моделей, которые широко применяются в научных центрах и метеослужбах различных стран для оценки физического состояния атмосферы и кратко- среднесрочного прогнозирования погодных условий.

4. Разработка локальных моделей прогнозирования, в том числе с применением пространственной интерполяции данных, на основе классических методов статистической обработки (экспоненциальное сглаживание временных рядов, многомерная регрессия и пр.).

По результатам проведенных исследований, нами обоснованы актуальные варианты практической реализации методов обработки статистических данных о метеонаблюдениях для моделирования технологий в растениеводстве. В процессе проведения исследований сформулированы следующие выводы:

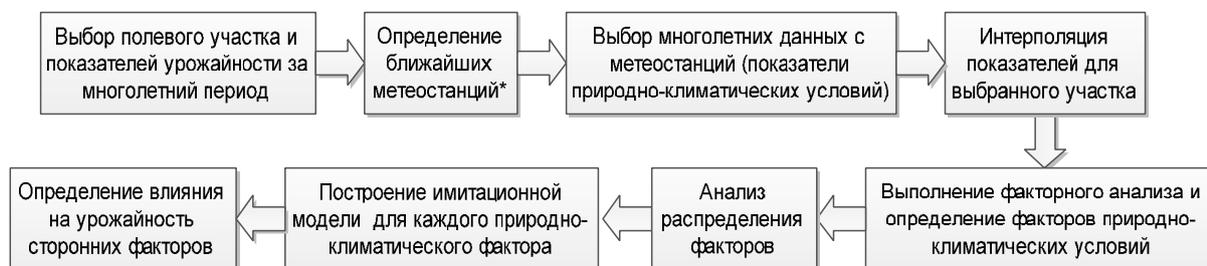
1. В целях краткосрочного прогнозирования метеоусловий возможно использование погодного калькулятора *Zambretti*, методика применения которого является достаточно отработанной и апробированной. Кроме того, для указанного калькулятора существуют базовые программные коды, что упрощает его последующую интеграцию в любой программный продукт. Особенность применения калькулятора для прогнозирования погодных условий на конкретном полевом участке будет заключаться в необходимости использования фактических данных с трех-четырех ближайших метеостанций и дальнейшей их интерполяцией для выбранного поля (рисунок 1).

2. Метеоданные за многолетний период можно использовать для прогнозирования урожайности по факторам климатических условий. В основе расчета заложен статистический факторный анализ и определение удельного веса урожайности за счет климатообразующих факторов (рисунок 2). Предварительная проработка данного алгоритма свидетельствует о его эффективности и высокой сходимости результатов (ошибка прогнозирования колеблется в пределах 3–5%), что позволяет применять имитационную модель для решения прикладных задач. К определенным недостаткам такой модели относится сложность ее формализации, поскольку требуется не только оперировать значительными массивами исходных данных, но и раз-



* – по электронным картам из открытых источников

Рисунок 1. – Принцип краткосрочного прогнозирования метеоусловий для конкретного полевого участка с использованием калькулятора *Zambretti*



* – по электронным картам из открытых источников

Рисунок 2. – Принцип прогнозирования урожайности на основе многолетних данных о метеонаблюдениях

работать программный код для их статистической обработки (в частности, факторного анализа) и выполнения имитаций в режиме on-line.

К наиболее перспективным направлениям прогнозирования относятся: долгосрочный прогноз с применением нейронных сетей на основе динамики климатических показателей за многолетний период, а также долгосрочный прогноз на основе методологии парциальных волн.

Оценивая возможности практического применения данных о метеонаблюдениях, нами предполагается разработать (актуализировать) методику их статистической обработки и реализовать в программном виде решения для краткосрочного прогнозирования метеоусловий, а также прогнозирования урожайности по факторам климатических условий. Дополнительно предполагается разработать модуль для визуализации динамических изменений погодных условий для конкретного полевого участка на основе фактических данных ближайших метеостанций (с учетом интерполяции).

Литература

1. Юркин В. М. Исследование и разработка математической модели метеопрогноза / В. М. Юркин // Технические науки: проблемы и перспективы: материалы IV Междунар. науч. конф., г. Санкт-Петербург (июль 2016 г.) – СПб.: Свое издательство. – 2016. – С. 30–36.
2. Сухарев И. Г. Прогнозирование [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <https://docplayer.ru/76139818-Prognozirovanie-suharev-i-g-ooo-espiro-zam-direktora-g-moskva-rossiya.html> – Дата доступа: 01.04.2019.
3. Кижнер Л. И. и др. Оценка точности численных прогнозов метеорологических условий в районе г. Томска с использованием модели WRF / Л. И. Кижнер, Н. К. Барашкова, А. С. Ахметшина, А. А. Барт, Д. В. Поляков // Вестник Томского государственного университета. – 2013. – № 374. – С. 174–178.
4. Кутузов В. В. Прогноз погоды. Глобальные численные модели прогнозирования погоды. Internet ресурсы с данными о погоде [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <https://docplayer.ru/51169015-Prognoz-pogody-globalnyie-chislennye-modeli-prognozirovaniya-pogody-internet-resursy-s-dannymi-o-pogode.html> – Дата доступа: 01.04.2019.
5. Гузий А. М. та ін. Система численного прогноза погоды «WRF-Украина» / А. М. Гузий, И. В. Ковалец, А. А. Кушан [та ін.] // Математичні машини і системи. – 2008. – №4. – С. 123–131.
6. Бостанбеков К. А., Ким Д. К., Лысенко Р. И., Аратулы К. Пример численного расчета прогнозных метеорологических параметров с помощью модели WRF / К. А. Бостанбеков, Д. К. Ким, Р. И. Лысенко, К. Аратулы // Вестник КазНУ «Физико-математические науки». – 2018 – №1 (125). – С. 331–338.
7. Февралев А. А., Приходько Ю. С. Краткосрочное локальное прогнозирование погоды при решении задачи повышения эффективности системы отопления / А. А. Февралев, Ю. С. Приходько // Вестник ЮУрГУ, серия «Строительство и архитектура». – 2016 – Т. 16. – № 2. – С. 48–51.
8. Крюкова С. В., Симакина Т. Е. Оценка методов пространственной интерполяции метеорологических данных / С. В. Крюкова, Т. Е. Симакина // Общество. Среда. Развитие. – 2018. – № 1. – С. 144–151.
9. Погодный калькулятор Zambretti (вариант 3) [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <http://monatkodenis.blogspot.com/2016/09/zambretti-3.html> – Дата доступа: 01.04.2019.
10. Шмидт Ю. Д., Куликов В. Е. Моделирование урожайности сельскохозяйственных культур / Ю. Д. Шмидт, В. Е. Куликов // Известия Дальневосточного федерального университета. Экономика и управление. – 2006. – № 1. – С. 73–84.

УДК (631.331:022:633.521)

Поступила в редакцию 15.08.2019
Received 15.08.2019

С. Ф. Лойко, Е. Н. Похиленко

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь,
e-mail: vozd_ub_len@mail.ru*

ОБОСНОВАНИЕ ПРИНЦИПАЛЬНОЙ СХЕМЫ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ВЫСЕВАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЛЬНА И МЕЛКОСЕМЯННЫХ КУЛЬТУР

В статье представлена схема перспективной комбинированной пневмомеханической системы высева семян льна и других мелкосемянных культур.

Ключевые слова: лён, сеялка, посевной агрегат, система высева, дозатор, высевающий аппарат.

S. F. Loiko, E. N. Pokhilenko

RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»,
Minsk, Republic of Belarus,
e-mail: vozd_ub_len@mail.ru

JUSTIFICATION OF THE PRINCIPAL SCHEME OF PNEUMATIC SEEDING SYSTEM FOR FLAX AND SMALL-ANIMATED CULTURES

The article presents a scheme of a promising combined pneumomechanical system for seeding flax seeds and other small seed crops.

Keywords: flax, seeder, sowing unit, seeding system, metering unit, sowing apparatus.

Посев льна-долгунца, как и других мелкосеменных культур, является одной из основных операций, влияющих на качественные и количественные показатели будущего урожая.

В настоящее время широкое распространение получили посевные машины с механическими и пневматическими системами высева. Опыт возделывания льна-долгунца в нашей стране и за рубежом показывает, что посевные машины с механической системой высева наиболее полно удовлетворяют агротребованиям по равномерности распределения семян льна при его посеве. Кроме этого, такие машины отличаются высокой надежностью выполнения технологического процесса [1].

Тем не менее необходимо отметить, что посевные машины с пневматической системой высева имеют определенные преимущества перед машинами с механической системой высева, такие как низкая металлоёмкость, высокая производительность и простота конструкции.

Однако широкоизвестно, что энергоёмкость посевных машин и агрегатов, оборудованных пневматической системой высева, выше, чем посевных машин с механической системой высева. Так, посевные машины, оборудованные системой высева с централизованным одноступенчатым дозированием, обладают энергоёмкостью выше в 2-3 раза по сравнению с посевными машинами и агрегатами, оборудованными системой высева с групповым одноступенчатым дозированием. Кроме этого, неравномерность распределения посевного материала по сошникам, в системах с централизованным одноступенчатым дозированием, в значительной степени зависит от угла наклона центральной колонны и варьируется в широких пределах от 5 до 22%.

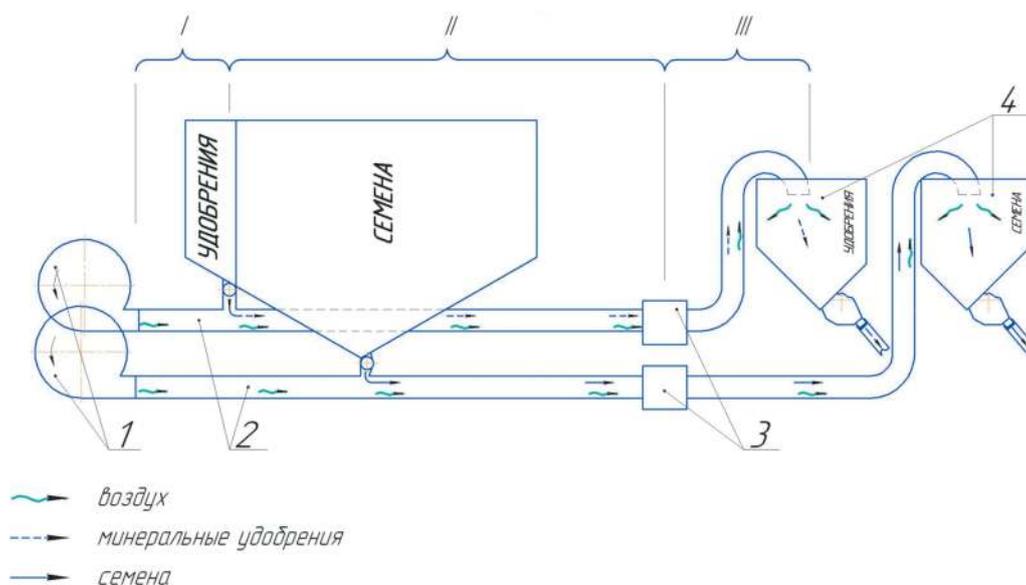
В системах высева с групповым одноступенчатым дозированием неравномерность распределения семян по сошникам при высеве ячменя, пшеницы, рапса, гороха, ржи и овсяницы составляет 9,6–16,0% для зерновых (не более 5% по ТКП 078-2007), при этом, этот показатель для льна и мелкосеменных культур составляет не более 3% [2].

Анализ преимуществ и существующих систем дозирования и высева показывает, что в применении к посеву льна и мелкосемянных культур требуется создание комбинированной пневмомеханической системы.

При этом пневматическая система должна обеспечивать бесперебойное перемещение посевного материала от загрузочных емкостей к технологическим емкостям и равномерно распределять их по всему объему. В этом случае пневматическая система должна состоять из следующих узлов: вентилятора для создания необходимого воздушного потока и перемещения воздушной смеси; дозаторов для равномерной подачи высеваемого материала из загрузочных емкостей в пневмоматериалопроводы; распределительного устройства для равномерного размещения семян по всему объему технологических емкостей-накопителей; материалопроводов для перемещения воздушной смеси в емкости-накопители.

Механическая система высева должна обеспечивать равномерный высев посевного материала (семена, удобрения) с заданной, согласно агротехническим требованиям, нормой высева. При этом она должна состоять из следующих элементов: емкостей-накопителей посевного материала; механических высевающих аппаратов катушечного типа подачи посевного материала в семяпроводы с заданной нормой высева; семяпроводов для перемещения семян и удобрений к сошниковым группам.

Перспективная пневмомеханическая система высева, ввиду разных физико-механических свойств семян и удобрений, должна предполагать наличие отдельных систем высева семян и удобрений.



1 – вентиляторы; 2 – пневмоматериалопроводы; 3 – распределительные устройства;
4 – технологические емкости для удобрений и семян

Рисунок 1. – Пневматическая транспортирующая сеть комбинированной системы высева оборудованной пневмотранспортом и механической системой дозирования

Применение данной системы высева в посевных машинах и агрегатах позволит решить проблемные вопросы, присущие системам высева в отдельности.

Литература

1. Лойко, С. Ф. Анализ конструктивных особенностей машин с механическими системами высева при посеве льна // С. Ф. Лойко, С. В. Старосотников // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Международной научно-технической конференции, посвященной 70-летию со дня образования РУП «НПЦ НАН по механизации сельского хозяйства» (Минск, 18–20 октября 2017 г.) / редкол.: П.П. Казакевич (гл. ред.), Л.Ж. Кострома. – Минск: Беларуская навука, 2017. – С. 169–172.

2. Салапура, Ю. Л. Анализ особенностей применения посевных машин с пневматическими системами высева при севе льна / Ю. Л. Салапура, С. Ф. Лойко, С. В. Старосотников // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2016. – Вып. 50. – С. 98–102.

УДК 677.021:677.051

Поступила в редакцию 26.08.2019
Received 26.08.2019

Е. В. Кислов, А. Л. Рапинчук, А. Н. Перепечаев, Н. Г. Винченюк

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь,
e-mail: Kislov-07@rambler.ru*

КОМПЬЮТЕРНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СУШИЛЬНОЙ МАШИНЫ МСТ-2

Разработан алгоритм расчета оптимальных значений основных технологических режимов работы сушильной машины МСТ-2 и компьютерная программа для его реализации. Экспериментально подтверждена возможность использования разработанной программы в производственных условиях.

Ключевые слова: влажность льнотресты, сушильная машина, параметры сушки, производительность, компьютерная оптимизация.

COMPUTER OPTIMIZATION OF OPERATING MODES OF DRYING MACHINE MCT-2

An algorithm has been developed for calculating the optimal values of the main technological modes of operation of the MCT-2 dryer and a computer program for its implementation. Experimentally confirmed the possibility of using the developed program in a production environment.

Keywords: flax moisture, drying machine, drying parameters, productivity, computer optimization.

Подсушка тресты на льнозаводах республики является важнейшим звеном технологического процесса, от которого, в значительной степени, зависит качество ее дальнейшей переработки.

Поступающее в машины мяльно-трепального агрегата льняное сырье должно обладать определенными физико-механическими свойствами. В значительной степени это достигается доведением влажности стеблей до определенных оптимальных значений, в результате чего улучшаются условия для его дальнейшей переработки.

Технологическими параметрами, определяющими ход процесса сушки, являются: температура, скорость, направление движения и влажность агента сушки; плотность загрузки материала на транспортёре; время сушки и др. Технологическим параметром, позволяющим вести контроль за процессом сушки, является влажность материала (тресты), которая зависит от мест хранения, погодных условий во время хранения, приготовления, транспортировки материала и колеблется в достаточно широком диапазоне.

Существует влажность, при которой лубоволокнистые материалы оптимально перерабатываются, то есть получается качественный продукт при высоком его выходе. Такая влажность называется технологической, и для тресты каждого типа она различная. Реализация технологического режима сушки сырья требует организации контроля за влажностью тресты на входе, а также на выходе из сушильной машины.

Для подсушки льнотресты от фактической влажности, значение которой для льнотресты, заготовленной в рулоны, не должно превышать по стандарту [1] 23%, до технологической влажности используют машины СКП-1-10ЛУ или СКП-1-10ЛУ1. Технологическая влажность льнотресты после подсушки составляет от 12 до 16% [2] в зависимости от ее типа.

В настоящее время ряд льнозаводов республики оснащены линиями выработки длинного льноволокна производства бельгийской фирмы «DEPOORTER», в составе которых сушильные машины не предусмотрены. Отсутствие их в случаях заготовки тресты повышенной, в сравнении с требованиями стандарта влажностью, приводит к снижению технико-экономических показателей работы льнозавода, снижению выхода длинного волокна и качества короткого волокна.

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработана сушильная машина МСТ-2 для подсушки льнотресты до технологической влажности. Машина может быть использована как для существующих линий выработки длинного льноволокна, так и для линий фирмы «DEPOORTER».

К основным конструктивным особенностям новой машины относятся: наличие механизма транспортировки льнотресты с частотным регулированием скорости, частотного регулирования числа оборотов выбросного вентилятора, системы автоматического регулирования подачи теплоносителя.

В процессе эксплуатации сушильной машины МСТ-2 возникла необходимость настройки ее на оптимальные режимы работы. Выбор оптимального технологического режима сушки льняной тресты во многом определяется производительностью агрегированного с сушильной машиной оборудования в линиях получения длинного льноволокна, а также его качества.

Основными регулируемыми параметрами сушильной машины МСТ-2, обеспечивающими производительность линии выработки длинного льноволокна и требуемую влажность льнотресты на выходе из машины, являются скорость конвейера и параметры сушильного агента

(воздуха). Последние поддерживаются автоматически при задании их на пульте управления. Результирующими параметрами работы сушильной машины являются ее производительность и влажность льнотресты на выходе из машины.

Производительность сушильной машины задается размотчиком рулонов и рассчитывается по формуле:

$$\Pi = 60qV_k,$$

где Π – производительность линии, кг/ч;

q – линейная плотность слоя льнотресты в рулоне, кг/м;

V_k – скорость выносного конвейера размотчика, м/мин.

Основным параметром сушки льнотресты, исходя из которого определяется скорость конвейера сушильной машины, является ее продолжительность. Скорость конвейера рассчитывается по формуле:

$$V_k = \frac{L}{\tau}, \quad (1)$$

где L – длина сушильного коридора, м

τ – продолжительность мушки, мин.

Для расчета продолжительности сушки воспользуемся эмпирической формулой Н.Д. Хо-муцкого [3], имеющей вид:

$$\tau = \frac{90P_k^{0,374} d_{cm}^{0,514}}{v_1^{0,48} \rho_{св} \Delta d_1} \left[0,475 \left(\frac{1}{(U_2 - U_p)^{0,32}} - \frac{1}{(U_1 - U_p)^{0,32}} \right) + 0,488(U_1 - U_2) \right] K_{np}, \quad (2)$$

где P_k – плотность загрузки конвейера, кг/м;

d_{cm} – средний диаметр стеблей, мм;

v_1 – скорость воздуха на входе в слой льнотресты, м/с;

$\rho_{св}$ – плотность сухого воздуха на входе в слой тресты, кг/м³; при температуре t °С и влажности ϕ_1 кг/м³;

Δd – потенциал сушки воздуха на входе в слой тресты, г/кг;

U_1, U_2, U_p – начальное, конечное и равновесное влагосодержание льнотресты (отношение массы влаги к массе абсолютно сухой льнотресты), кг/кг;

K_{np} – поправочный коэффициент на производственные условия. $K_{np} = 1,4-2,0$.

Формула (2) включает большое количество параметров, часть из которых определяется по результатам лабораторных анализов льнотресты, часть – расчетными методами. Рассмотрим входящие в формулу (2) параметры.

Плотность загрузки конвейера определяется путем взвешивания однометрового фрагмента слоя льнотресты, снятого с конвейера сушильной машины.

Средний диаметр стеблей в слое определяется органолептически или при помощи стеблемера С-2.

Скорость воздуха на входе в слой льнотресты зависит от частоты вращения вентиляторов и замеряется опытным путем. В машине МСТ-2 она составляет в среднем 1,3 м/с.

Плотность сухого воздуха на входе в слой льнотресты рассчитывается по известной формуле [3]:

$$\rho_{св} = \frac{P_0 - 0,378P_{нп1}\phi_1}{287(273,15 + t)}, \quad (3)$$

где P_0 – барометрическое (атмосферное) давление, равное 101325 (Па);

$P_{нп1}$ – парциальное давление насыщенного водяного пара в воздухе на входе в слой льнотресты, (Па);

ϕ_1 – относительная влажность воздуха на входе в слой тресты, определяется по показаниям психрометра, установленного в последней зоне сушки.

t – температура воздуха на входе в слой материала, ($^{\circ}\text{C}$).

Парциальное давление насыщенного пара в воздухе в общем случае определяется по таблицам водяного пара в состоянии насыщения [4]. Для наших расчетов предпочтительно использовать формулу Фильнея М.И. [5], являющуюся аппроксимацией табличных данных

$$P_{\text{нп1}} = 133,3 \cdot 10^{\frac{156+8,12t}{236+t}}, \quad (4)$$

Температура воздуха t определяется как средняя для зон с включенными вентиляторами по показаниям термометров

$$t = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{N},$$

где N – количество включенных вентиляторов.

Потенциал сушки

$$\Delta d = d_{\text{нв}} - d_1, \quad (5)$$

где $d_{\text{нв}}$, d_1 – влагосодержание насыщенного воздуха и воздуха на входе в слой тресты соответственно, (г/кг);

$$d_1 = \frac{622\phi_1 P_{\text{нп1}}}{P_{\sigma} - \phi_1 P_{\text{нп1}}}. \quad (6)$$

В общем случае $d_{\text{нв}}$ в общем случае определяется по I-D диаграмме влажного воздуха. Для автоматизации расчетов получили математическую зависимость для ее расчета. Известно, что процесс испарения влаги из материала и насыщения ею воздуха является адиабатическим, то есть происходит при постоянной энтальпии:

$$I_1 = I_{\text{нв}}, \quad (7)$$

где I_1 , $I_{\text{нв}}$ – энтальпия сухого воздуха на входе в слой тресты и насыщенного воздуха соответственно, кДж/кг.

Энтальпия воздуха рассчитывается по формуле [3]

$$I = 1,0t + 0,001d(2500 + 1,97t).$$

Тогда выражение (7) примет вид:

$$1,0t + 0,001d_1(2500 + 1,97t) = 1,0t_{\text{нв}} + 0,001d_{\text{нв}}(2500 + 1,97t_{\text{нв}}), \quad (8)$$

где $t_{\text{нв}}$, $d_{\text{нв}}$ – соответственно температура ($^{\circ}\text{C}$) и влагосодержание (г/кг) насыщенного воздуха.

Выражая из (8) $t_{\text{нв}}$, получим

$$t_{\text{нв}} = \frac{1000t + 2500(d_1 - d_{\text{нв}}) + 1,97td_1}{(1000 + 1,97d_{\text{нв}})}. \quad (9)$$

Зависимость парциального давления пара для влажного воздуха от давления пара насыщенного воздуха имеет вид:

$$P_n = \frac{\phi P_{\text{нв}}}{100}.$$

Для насыщенного воздуха $\phi = 100$, тогда:

$$P_n = P_{\text{нв}}.$$

Применяя формулу (4) для насыщенного воздуха, получим:

$$P_{\text{нв}} = 133,3 \cdot 10^{\frac{156+8,12t_{\text{нв}}}{236+t_{\text{нв}}}}. \quad (10)$$

Зависимость давления пара от влагосодержания насыщенного воздуха имеет вид [3]:

$$P_{\text{нв}} = \frac{P_6 d_{\text{нв}}}{622 + d_{\text{нв}}}.$$

Подставляя это выражение в (10) и преобразуя, получим зависимость температуры $t_{\text{нв}}$ насыщенного воздуха от его влагосодержания $d_{\text{нв}}$:

$$t_{\text{нв}} = \frac{236 \lg \frac{P_6 d_{\text{нв}}}{622 + d_{\text{нв}}} - 657,50}{10,25 - \lg \frac{P_6 d_{\text{нв}}}{622 + d_{\text{нв}}}}.$$

Приравнивая правые части этого выражения и выражения (9) получим зависимость влагосодержания насыщенного воздуха от влагосодержания и температуры влажного воздуха $d_{\text{нв}} = d_{\text{нв}}(d_1, t_1)$ в неявном виде.

$$\frac{236 \lg \frac{P_6 d_{\text{нв}}}{622 + d_{\text{нв}}} - 657,50}{10,25 - \lg \frac{P_6 d_{\text{нв}}}{622 + d_{\text{нв}}}} - \frac{1000t + 2500(d_1 - d_{\text{нв}}) + 1,97td_1}{1000 + 1,97d_{\text{нв}}} = 0.$$

Приведение этой зависимости к явному виду затруднительно. Поэтому воспользуемся в программе для нахождения приближенного значения $d_{\text{нв}}$ методом итераций.

Начальное U_1 и конечное U_2 влагосодержание льнотресты в формуле (2) рассчитываются исходя из соответствующей влажности льнотресты W_1 и W_2 по зависимости $U = W/100$. W_1 и W_2 определяются по результатам лабораторного анализа влажности льнотресты.

Математическую зависимость равновесной влажности льнотресты U_1 от относительной влажности воздуха ϕ_1 находили аппроксимацией средствами MS EXCEL табличных значений этой зависимости, приведенных в [4]. С достоверностью $R^2 = 0,9993$ табличные значения описываются уравнением

$$U_p = 0,00005\phi_1^3 - 0,0052\phi_1^2 + 0,317\phi_1 - 0,4255.$$

Вычисление по приведенным выше зависимостям довольно трудоемко. Для автоматизации расчетов разработана компьютерная программа с использованием языка программирования VBA пакета Microsoft Office, окно которой с примером расчета показано на рисунке.

В окне вводятся качественные показатели исходной льнотресты: влажность, средний диаметр стеблей и линейная плотность слоя в рулоне. Здесь же вводятся требуемые значения влажности льнотресты и производительности, которые должны быть получены, а также фактические режимы работы сушильной машины – температура воздуха по зонам сушки, влажность воздуха на входе и на выходе из машины, измеряемые встроенными приборами.

После нажатия на кнопку «Рассчитать» вычисляется скорость конвейера машины, при которой обеспечивается требуемая влажность льнотресты и производительность. Результат отражается в поле на форме, выделенной красным цветом.

Вызов

Исходные данные

Влажность льнотресты в рулоне, %	25,5
Требуемая влажность льнотресты, %	13,0
Линейная плотность слоя на конвейере сушилки, кг/м	2,2
Средний диаметр стеблей в слое, мм	1,3
Влажность воздуха на входе в сушилку, %	10,6
Фактическая влажность воздуха на выходе, %	16
Производительность сушилки по льнотресте, кг/ч	1950

Температура воздуха по зонам сушки, град.С

80	83	85	83	82	84	84	82	85
1	2	3	4	5	6	7	8	9
V_3 – заданная скорость				V_T – текущая скорость				
OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF

Расчитать Сохранить Очистить?

Рисунок – Окно ввода данных программы оптимизации процесса сушки

В программе предусмотрено предельное значение скорости конвейера, обусловленное конструкцией машины. В случае превышения этого значения скорости, программа предлагает увеличить линейную плотность слоя льнотресты на конвейере машины и сделать перерасчет оптимальной скорости конвейера. При недостижении требуемого результата, и в этом случае, программа предлагает поочередно отключать электродвигатели вентиляторов. Через 3–5 мин после отключения в окне программы должны корректироваться значения температуры воздуха по зонам сушильной машины. Результаты расчета можно сохранять в отдельном файле.

С целью подтверждения расчетных оптимальных значений параметров сушильной машины – скорости конвейера, в зависимости от ее исходной влажности с фактическими их значениями, на «Филиале Кормянский льнозавод» ОАО «Гомельлен» проведены экспериментальные исследования процесса сушки на опытном образце машины сушильной МСТ-2, установленном в линии выработки длинного льноволокна «DEPOORTERE». Результаты, полученные в ходе исследований, с вероятностью 95%, подтвердили корреляцию расчетных значений с экспериментальными.

Литература

1. Треста льняная. Требования при заготовках : СТБ 1194-2007. – Введ. 01.06.2008. – Минск : БелГИСС, 2008. – 20 с.
2. Отраслевой регламент. Первичная обработка льна. Типовые технологические процессы. – Устье, – 2015. – 28 с.
3. Суметов, В. А. Сушка и увлажнение лубоволокнистых материалов: учебник для вузов / В. А. Суметов. – М. Легкая индустрия. – 1980. – 336 с.
4. Справочник по заводской первичной обработке льна / И. Я. Шаров [и др.]; под общ. ред. В. Н. Храмцова. – М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1981. – 512 с.
5. Нестеренко, А.В. Основы термодинамических расчетов вентиляции и кондиционирования воздуха / А.В. Нестеренко: Учебн. пособие. – 3-е изд. – М. : Высшая школа, 1971. – 460 с.

Н. Г. Бакач¹, к. т. н., доц., **В. И. Володкевич¹**, зав. лабораторией,
А. В. Шах¹, м. н. с., **А. В. Новиков²**, к. т. н., доц.

¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь,
²УО «БГАТУ», г. Минск, Республика Беларусь

ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПЕРСПЕКТИВНЫХ МАШИН ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

В статье рассмотрены направления формирования перспективной системы машин для производства основных видов продукции растениеводства. Приведены примеры использования инновационных средств механизации в технологиях производства зерна, травяных кормов, овощных и других сельскохозяйственных культур в Республике Беларусь.

Ключевые слова: система машин, агропромышленный комплекс, технология, производство, экспорт, машины, оборудование, механизация, обработка почвы, урожайность сельскохозяйственных культур.

M. G. Bakach¹, PhD in Engineering sciences? Assoc. Prof.,
V. I. Volodkevich¹, Head of Laboratory, **A. V. Shakh¹**, junior researcher
A. V. Novikov², PhD in Engineering sciences? Assoc. Prof.

¹RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»,
Minsk, Republic of Belarus
²BSATY, Minsk, Republic of Belarus

FORMATION OF A SYSTEM OF PERSPECTIVE MACHINES FOR THE IMPLEMENTATION OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN PLANTING THE REPUBLIC OF BELARUS

The article discusses the directions of formation of a promising system of machines for the production of main types of crop production. Examples of the use of innovative means of mechanization in the technology of production of grain, grass feed, vegetable and other crops in the Republic of Belarus are given.

Keywords: machine system, agro-industrial complex, technology, production, export, machinery, equipment, mechanization, tillage, crop yields.

Введение

Техническое обеспечение инновационных технологий производства продукции растениеводства в Республике Беларусь осуществляется в рамках реализации перспективной системы машин и оборудования [1], что во многом способствует наращиванию ее объемов и снижению затрат ресурсов на этапах получения продукции.

Однако возможности технического обеспечения в части снижения затрат материальных и трудовых ресурсов используются далеко не в полной мере. Так, удельные затраты труда, энергоресурсов и условного топлива [2] на производство зерна к настоящему времени составляют соответственно 4,5-8,3 чел.-ч/т, 10,6 кВт•ч/т и 14,0 кг усл. т/т; картофеля – 8,9, 6,8 и 9,6; сахарной свеклы – 0,89, 0,12 и 2,0; сена – 2,8-5,4, 0,21 и 1,3; сенажа – 0,63, 0,20 и 1,3; силоса – 0,5, 0,16 и 1,9, льносемян – 28,3, льносоломки – 3,88, льнотресты – 5,62 и овощей – 4,5-8,3 чел.-ч/т, 11,3 кВт•ч/т и 10,3 кг усл. т/т, что превышает аналогичные показатели в странах Западной Европы в 1,5-2,0 раза [3]. Поэтому основное внимание в механизации процессов производства должно быть уделено максимальному использованию инновационных разработок машин и оборудования для снижения ресурсопотребления и повышение конкурентоспособности продукции.

Основная часть

Для реализации инновационных технологий возделывания и уборки основных сельскохозяйственных культур [4], в республике задействовано около 56 тыс. ед. мобильных энергетических средств (МЭС) (таблица 1).

Таблица 1. – Динамика структуры мобильных энергетических средств в сельскохозяйственных организациях Республики Беларусь

Наименование мобильных энергетических средств	2015 год		2016 год		2017 год		2018 год		2019 год	
	Наличие, ед.	%								
Мобильные энергетические средства,	62559	100	59108	100	57616	100	56250	100	55962	100
в т. ч.: тракторы общего назначения,	43596	69,7	41267	69,8	40377	70,1	39400	70,0	39496	70,6
из них: класса 0,6-1,4 мощностью до 100 л.с.;	25388	40,6	23817	40,3	23169	40,2	22285	39,6	22291	39,8
класса 2,0 мощностью 120-130 л.с.;	9888	15,8	9223	15,6	8946	15,5	8626	15,3	8709	15,6
класса 3-4 мощностью 150-200 л.с.;	1349	2,2	1289	2,2	1296	2,2	1292	2,3	1305	2,3
класса 5-6 мощностью 250 и более л.с.	6971	11,1	6938	11,7	6966	12,1	7197	12,8	7191	12,8
Тракторы специальные для мелиоративных и культуртехнических работ	1685	2,7	1507	2,5	1421	2,5	1300	2,3	1290	2,3
Самоходные энергетические средства с шинами-оболочками низкого давления	818	1,3	842	1,4	847	1,5	876	1,6	980	1,8
Машины для внесения химических средств защиты растений (самоходные опрыскиватели)	289	0,5	298	0,5	305	0,5	329	0,6	268	0,5
Косилки самоходные	245	0,4	200	0,3	186	0,3	158	0,3	130	0,2
Зерноуборочные комбайны	10522	16,8	9937	16,8	9454	16,4	9165	16,3	8968	16,0
Кормоуборочные комбайны	4468	7,1	4154	7,0	4135	7,2	4128	7,3	3952	7,1
Свеклоуборочные комбайны	385	0,6	335	0,6	315	0,5	309	0,5	281	0,5
Теребилки льна	165	0,3	168	0,3	170	0,3	173	0,3	160	0,3
Подборщики-очесыватели льна	38	0,1	40	0,1	44	0,1	51	0,1	51	0,1
Оборачиватели лент льна	253	0,4	265	0,4	266	0,5	268	0,5	292	0,5
Пресс-подборщики для льна	95	0,2	95	0,2	96	0,2	93	0,2	94	0,2

Основу МЭС составляют тракторы сельскохозяйственного назначения (70,6%), из которых 7,2 тыс. ед. (18,2%) класса 5-6 мощностью 250 и более л.с.; зерноуборочные комбайны (16%), из которых 6,5 тыс. ед. (72,2%) с пропускной способностью 12 и более $к\text{т}/с$ и кормоуборочные комбайны (7,1%), из которых 1,1 тыс. ед. (27,5%) с мощностью 350 и более л.с. Наряду с этим задействовано около 2,8 тыс. комбинированных почвообрабатывающих и 3,6 тыс. почвообрабатывающе-посевных агрегатов, в т.ч. шириной захвата 6 и более метров – 2,7 тыс. ед. (75%), а также другая перспективная сельскохозяйственная техника. По сравнению с 2013 годом (таблица 2), нагрузка пашни на энергонасыщенный трактор снизилась в 1,1 раза, посевов (посадок) – в 1,2 раза, площади уборки на зерноуборочный и кормоуборочный комбайны в 1,3 и 1,35 раза соответственно, объема переработки зерна на зерноочистительно-сушильных комплексах – в 1,3 раза. Энергооснащенность посевов (посадок) в указанном периоде составила соответственно 268,2, 353,5 и 332,4 л.с., а энерговооруженность труда увеличилась в 1,2 раза и составила 70,4 л.с. в расчете на одного работающего в АПК.

Таблица 2. – Динамика энергооснащенности производства основных видов продукции растениеводства в Республике Беларусь в 2013–2018 гг.

Показатели энергооснащенности	Годы					
	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Приходится на один трактор мощностью 250–350 л.с. площади земледельческого использования, га:						
сельскохозяйственных угодий;	1159,4	1152,6	1264,7	1086,2	1171,5	1223,1
пашни;	732,5	751,9	833,3	720,0	779,5	708,3

Показатели энергооснащенности	Годы					
	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Посевов (посадок) сельскохозяйственных культур	790,6	812,7	897,6	767,1	834,8	783,4
Приходится уборочной площади, га:						
зерноуборочный комбайн с пропускной способностью 10 и более килограмм в секунду;	466,2	445,8	385,2	432,4	386,8	402,6
кормоуборочный комбайн мощностью 350 и более л.с.;	872,0	948,7	1005,5	892,4	1215,2	1002,6
свеклоуборочный комбайн;	20,3	9,4	262,3	294,1	314,3	354,7
картофелеуборочный комбайн;	39,7	43,0	47,2	39,7	32,0	31,9
льноуборочный комбайн	491,4	432,4	473,7	618,4	626,7	729,4
Приходится объемов зерна на зерноочистительно-сушильный комплекс производительностью более 40 пл. тонн/час, тыс. тонн	17,0	20,7	18,4	15,5	16,7	22,0
Энергооснащенность производства сельскохозяйственной продукции в расчете на 100 га, л.с.:						
сельскохозяйственных угодий;	264,7	260,9	261,2	252,9	266,4	268,2
пашни;	418,9	399,9	396,5	381,5	352	353,5
Посевов (посадок) сельскохозяйственных культур	388,1	370,0	368,1	358,1	330,4	332,4
Энерговооруженность труда в расчете на одного работника, занятого в сельскохозяйственном производстве, л.с./чел.	59,9	61,1	62,2	66,8	68,6	70,4

Однако по ряду основных позиций за указанный период (2013-2018 гг.), выбытие основных видов техники превышало ее поступление (таблица 3).

Так, поступление энергонасыщенных тракторов по сравнению с 2013 годом увеличилось в 1,1 раза, а зерноуборочных комбайнов с пропускной способностью 10 и более килограмм в секунду и машин для внесения минеральных удобрений снизилось соответственно в 1,6 и в 1,5 раза. Превышение выбытия техники по сравнению с ее поступлением отмечено и по ряду других позиций. Вследствие этого технологическая обеспеченность сельскохозяйственных организаций перспективными машинами и оборудованием не соответствует требованиям (таблица 4).

Таблица 3. – Динамика поступления и выбытия основных видов сельскохозяйственной техники в Республике Беларусь

Перечень машин и оборудования	Динамика поступления и выбытия техники, единиц											
	2013 г.		2014 г.		2015 г.		2016 г.		2017 г.		2018 г.	
	поступило	выбыло	поступило	выбыло	поступило	выбыло	поступило	выбыло	поступило	выбыло	поступило	выбыло
Тракторы мощностью 250 и более л.с.	362	190	148	162	302	141	120	232	169	107	393	170
Машины для внесения твердых минеральных удобрений	351	778	264	702	137	598	80	597	162	396	236	444
Машины для внесения твердых органических удобрений	189	540	178	488	95	406	57	453	64	242	89	268
Плуги оборотные 8-9-и корпусные	84	62	86	86	92	73	43	139	85	134	210	164
Комбинированные почвообрабатывающие агрегаты шириной захвата 6 и более метров	124	316	81	326	60	226	27	116	60	39	80	64
Комбинированные почвообрабатывающе-посевные агрегаты шириной захвата 6 и более метров	97	146	67	207	32	245	27	107	44	84	51	129
Машины для химической защиты растений	261	401	400	592	539	487	74	287	79	167	124	224
Комбайны кормоуборочные мощностью 350 и более л.с.	400	42	63	51	60	62	50	41	184	32	208	53
Косилки тракторные шириной захвата 8 и более метров	324	76	129	82	89	56	39	84	94	85	67	79
Прицепы специальные для перевозки травянистых кормов	540	543	329	517	190	501	111	478	179	239	163	287
Пресс-подборщики для прессования сено-соломистых материалов	708	627	373	587	147	375	113	512	197	358	247	339
Грабли-ворошилки и валкообразователи	616	525	350	547	184	379	179	518	217	321	226	371
Комбайны зерноуборочные с пропускной способностью более 10 и более килограмм в секунду	407	306	324	501	101	514	41	470	155	95	260	95
Зерноочистительно-сушильные комплексы производительностью 40 и более плановых тонн в час	25	7	18	8	14	1	1	6	6	7	6	3

Таблица 4. – Динамика уровня технологической обеспеченности сельскохозяйственных организаций основными видами машин и оборудования

Перечень машин и оборудования	Уровень обеспеченности, %					
	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Тракторы мощностью 250 и более л.с.	60,9	60,4	63,8	63,5	63,7	65,8
Плуги для гладкой вспашки 8-9-и корпусные	76,2	76,1	76,0	75,0	74,1	75,1
Агрегаты комбинированные почвообрабатывающие шириной захвата 6 и более метров	76,2	72,8	75,6	53,3	55,3	57,2
Агрегаты комбинированные почвообрабатывающе-посевные шириной захвата 6 и более метров	85,8	87,0	86,6	64,0	63,9	62,2
Машины для внесения твердых минеральных удобрений	74,6	70,0	65,7	60,3	57,6	55,2
Машины для внесения твердых органических удобрений	62,4	59,7	57,1	53,6	51,9	50,0
Машины для химической защиты растений	63,8	61,2	58,3	56,3	55,0	53,8
Комбайны зерноуборочные с пропускной способностью 12 и более кг/с	64,6	68,1	73,9	68,3	68,5	70,2
Пресс-подборщики для прессования сено-соломистых материалов в крупногабаритные прямоугольные тюки	27,4	27,6	28,6	29,1	31,1	31,9
Прицепы специальные для перевозки силосной и сенажной массы	93,9	92,4	81,6	88,7	88,6	87,4
Комбайны кормоуборочные мощностью 350 и более л.с.	48,1	47,9	52,0	52,1	53,3	54,5
Комбайны картофелеуборочные	97,3	91,8	87,4	79,2	76,7	72,4
Комбайны для уборки сахарной свеклы	85,6	73,8	66,8	58,2	54,7	53,6

Так, например, обеспеченность энергонасыщенными тракторами составляет только 65,8% от требуемой; кормоуборочными комбайнами мощностью 350 и более л.с. – 54,5%; широкозахватными комбинированными почвообрабатывающими и почвообрабатывающе-посевными агрегатами соответственно – 57,2 и 62,2%; машинами для внесения твердых минеральных и органических удобрений соответственно – 55,2 и 50,0%; машинами для химической защиты растений – 53,8% и пресс-подборщиками для прессования травянистых кормов в крупно-габаритные прямоугольные тюки – 31,9%.

Недостаточный уровень обеспеченности хозяйств инновационной техникой ведет к увеличению сроков проведения полевых работ на 8-10 дней и потерям продукции на 10-15% [4].

Для механизации процессов обработки почвы и посева предложены инновационные многокорпусные оборотные плуги, широкозахватные почвообрабатывающие и почвообрабатывающе-посевные агрегаты для работы как по традиционным технологиям, так и для минимизации процесса [5].

Предусматривается совершенствование процессов механизации обработки почвы и посева за счет:

- снижения механического воздействия на почву рабочих органов путем совмещения технологических операций;
- создания универсальных многофункциональных широкозахватных почвообрабатывающих и почвообрабатывающе-посевных агрегатов, сокращающих в 2-3 раза технологический парк техники в хозяйствах;
- применение универсальных почвообрабатывающих и посевных агрегатов нового поколения, блочно-модульных многоцелевых семейств сеялок высокого технического уровня со сменными блоками рабочих органов и автоматизированными дозирующими системами для различных зональных, почвенно-климатических и агроландшафтных условий;
- использование мехатронных систем для производственных процессов обработки почвы и посева. [5]

Для механизации процессов внесения удобрений и химических средств защиты растений создана гамма машин грузоподъемностью до 25 тонн типа МТУ [6]. Высокоточное внесение твердых минеральных удобрений реализуется за счет применения парка высокопроизводительных машин МШВУ-18, РМУ-11000Ш и РШУ-18, обеспечивающих высокую равномерность внесения удобрений, что позволяет повысить урожайность сельскохозяйственных культур до 4 ц/га. Однако потенциальные возможности созданных средств химизации пока используются недостаточно эффективно. В этом направлении предусматривается:

- создание машин с автоматическим управлением дозирующих и распределяющих рабочих органов с непрерывным контролем норм высеваемых удобрений;
- применение высокотехнологичных штанговых опрыскивателей с регулируемой шириной захвата до 36 метров и т.д.

Для механизации процессов заготовки травяных кормов [7] созданы блочно-модульные комбайны шириной захвата 9 м, пресс-подборщики для заготовки кормов в крупногабаритные прямоугольные тюки, платформы с манипулятором для перевозки тюков и рулонов, агрегаты для закладки на хранение и выгрузки кормов из хранилищ на базе самоходного шасси «Амкодор-352С» и к тракторам класса 5, а также многофункциональные прицепы для перевозки измельченных кормов грузоподъемностью до 25 тонн на унифицированном двух- и трехосном шасси.

Механизации процессов доработки зерна и получения высококачественных семян осуществляется на основе применения комплекса оборудования КОС-10 для приема, очистки, сортирования семян зерновых колосовых, зернобобовых, крупяных культур и рапса с их протравливанием (при необходимости) и последующим затариванием в мешки.

Для уборки и послеуборочной доработки корнеклубнеплодов создан инновационный комплекс машин и оборудования, включающий комбайны для уборки капусты и моркови, оборудование для закладки на хранение овощной продукции, позволяющий механизировать процессы от посадки до предреализационной их подготовки, минимизировать импорт данной техники и поставлять ее на экспорт.

Процессы производства плодово-ягодной продукции с целью снижения затрат ручного труда осуществляются за счет применения агрегата для уборки плодов и обрезки деревьев АСУ-6, комплекса для уборки веток КУВ-1,8 и комбайна полурядного ягодоуборочного КПЯ.

Расширяется зона применения информационно-управляемого земледелия и системы точного земледелия. Здесь первоочередным является использование оборудования для сбора и регистрации эксплуатационных параметров МТА и точного их вождения, картирования сельхозугодий, мониторинга урожайности полей, агрохимического состояния почв и других аналогичных устройств [8].

Заключение

Реализация инновационного комплекса машин и оборудования для механизации процессов производства продукции в растениеводстве позволит:

- достичь уровня обеспеченности сельскохозяйственных организаций перспективными машинами и оборудованием до 70%, повысить производительность труда на выполнении основных технологических процессов в 1,5-1,7 раза и снизить при этом удельные затраты ресурсов на 20-25%;
- обеспечить условия для получения в хозяйствах республики урожайности зерна не менее 45 ц/га, картофеля – 450 ц/га и сахарной свеклы – 600 ц/га.

Литература

1. Концепция системы машин и оборудования для реализации инновационных технологий производства, первичной переработки и хранения основных видов сельскохозяйственной продукции до 2015 и на период до 2020 года : рекомендации по применению / Национальная академия наук Беларуси [и др.] ; подгот. : В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск : НАН Беларуси, 2014. – С. 138.
2. Сельское хозяйство Республики Беларусь. Статистический сборник. – Минск: Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2018. – С. 38-51.
3. Яковчик, С. Г. Перспективные направления создания сельскохозяйственной техники в Республике Беларусь / С. Г. Яковчик, Н. Г. Бакач, Ю. Л. Салапура, Э. В. Дыба // Межведомственный тематический сборник «Механизация и электрификация сельского хозяйства» (РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства», вып. 52 / редкол.: П.П. Казакевич (гл. ред.) – Минск: Беларуская навука, 2018. – С. 3–9.
4. Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сб. нач. материалов / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – 3-е изд., доп. и перераб. – Минск : ИВЦ Минфина, 2017. – 688 с.
5. Лепешкин, Н. Д. Система машин для обработки почвы и посева промежуточных культур / Н.Д. Лепешкин // Земледелие и защита растений – 2018. – приложение к журналу №5 (120). – С. 38–40.

6. Степук, Л. О накопившихся проблемах, решение которых не терпит отлагательства / Л.Я. Степук // Наше сельское хозяйство. – 2017. – № 3. – С. 4–12.

7. Лабоцкий, И. М. Техника скашивания трав. Состояние и перспективы развития / И. М. Лабоцкий // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве : материалы междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 70-летию со дня образования РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» (Минск, 18–20 окт. 2017 г.) / редкол.: П. П. Казакевич (гл. ред.), Л. Ж. Кострома. – Минск : Беларуская навука, 2018. – С. 97-102.

8. Клыбик, В. К. Анализ технических решений автоматизированных пробоотборников почвы / В. К. Клыбик, М. И. Новиков, А. С. Пашкевич // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве : материалы междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 110-летию со дня рождения академика М. Е. Мацепуро (Минск, 17–18 окт. 2018 г.) / редкол.: П. П. Казакевич (гл. ред.), Л. Ж. Кострома. – Минск : Беларуская навука, 2018. – С. 97-102.

УДК:636.93.084/08

Поступила в редакцию 11.08.2019

Received 11.08.2019

И. В. Паркалов, канд. биол. наук,

Э. В. Дыба, канд. техн. наук

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь,
e-mail: i.parkalov@mail.ru, dibua-18@mail.ru*

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЗВЕРОВОДСТВА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

В статье отмечена необходимость совершенствования технологии кормления зверей, внедрения средств механизации и автоматизации технологических процессов с целью снижения производственных затрат. Предложена модель развития фермерского звероводства в тесной кооперации с действующими хозяйствами и научными центрами. По мнению авторов, – это позволит в ближайшие 5 лет удвоить производство клеточной пушнины и выйти на миллионные рубежи ее производства в Республике Беларусь, тем самым полностью обеспечить потребности внутреннего рынка.

Ключевые слова: звероводство, норка, технология, кормление, содержание, производство, шкурка, обработка.

I. V. Parkalov, PhD in Biology sciences

E. V. Dyba, PhD in Engineering sciences

*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»,
Minsk, Republic of Belarus,
e-mail: i.parkalov@mail.ru, dibua-18@mail.ru*

PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF FUR FARMING IN REPUBLIC OF BELARUS

In article need of improvement of technology of feeding of animals, introductions of means of mechanization and automation of technological processes for the purpose of decrease in production expenses is noted. The model of development of farmer fur farming in close cooperation with the operating farms and scientific centers is offered. According to authors it will allow to double production of cellular furs in the next 5 years and to come to million boundaries of its production in Republic of Belarus, thereby completely to provide requirements of domestic market.

Keywords: fur farming, mink, technology, feeding, contents, production, skin, processing.

Введение

В конце XIX века, в мире, наряду с принципом «добывание», начал действовать новый принцип – «разведение». Разведение пушных зверей в неволе (звероводство) имело и имеет огромное значение в основных сферах деятельности не только для отдельных государств, но и для всего

человечества. Это – в научной (восстановление и сохранение поголовья исчезающих ценных животных), хозяйственной (дополнительные рабочие места), экономической (дополнительная прибыль) и в последнее время – экологической сферах.

Основная часть

В бывшем СССР звероводством занималось около 600 сельскохозяйственных предприятий. Основной целью звероводства было производство пушнины, которой обеспечивалась потребность легкой промышленности (100%) и экспортные поставки пушнины, достигавшие в отдельные годы объема продаж до 150 млн USD в год [1].

По количеству производства шкурок норки в 1964 г. Советский Союз занимал второе после США место в мире, а в 1970 г. вышел на первое [2]. За последние 20 лет ежегодный объем мирового производства шкурок норки увеличился в 2 раза (таблица 1) [1, 3].

Таблица 1. – Производство шкурок норки в отдельных странах, млн шт.

Страны	1997 г.	2008 г.	2010 г.	2017 г.
Дания	10,5	14,0	14,0	17,1
Китай	2,0	18,0	12,0	12,0
Польша	0,15	2,8	4,3	9,0
Голландия	2,7	4,3	4,8	4,6
Канада	1,0	2,3	2,2	2,0
Россия	3,9	2,2	1,6	1,7
Республика Беларусь	0,7	0,9	0,8	0,6
Всего в мире	30,8	55,8	50,6	60,1

Европейский Союз является одним из крупнейших в мире производителей звероводческой продукции. По данным Международного гуманитарного общества (Human society international), в 2015 г. в странах ЕС было произведено около 42,6 млн шкурок норки, 2,7 млн шкурок лисицы, 155 тыс. шкурок енотовидной собаки и 206 тыс. шкурок шиншиллы [4].

За последние 10 лет Голландия увеличила производство шкурок норки на 77%, Дания – на 60%. В Китае производство клеточной пушнины увеличилось в 3,6, в Польше – более чем в 15 раз. У звероводов Беларуси этот показатель стабильно находится на одном уровне не более 800 тыс. шкурок в год, а в 2017 г. этот показатель сократился до 600 тыс. [4]. При этом Республиканской Программой по племенному делу в животноводстве на 2011–2015 гг. предусматривалось получить в 2013 г. 1,0 млн шкурок, а в 2015 г. 1,2 млн [5].

Основные причины отставания и предложения по развитию звероводства в Республике Беларусь

Столь стремительный рост производства пушно-мехового сырья в странах Евросоюза достигнут благодаря привлечению отрасли звероводства к разрешению экологических проблем. Последние годы в мировой практике кормления пушных зверей стали преобладать отходы от переработки мясной (включая птицеводство) и рыбной промышленности, то есть продукты, не предназначенные для употребления в пищу человека.

Пушные звери стали биологическим «утилизатором» данных отходов. Ускорение этому процессу придал Регламент (ЕС) № 1774/2002, Европейского Парламента и Совета от 3 октября 2002 года. Пункт 8 данного Регламента гласит: «... пищевые отходы, содержащие продукты животного происхождения, могут стать причиной распространения заболеваний. В странах Евросоюза пищевые отходы не должны использоваться для кормления содержащихся на фермах животных (кроме пушных зверей)» [6].

По данным Международной федерации торговли мехом (IFTF), в Европейском Союзе, пушные звери в год потребляют не менее 220–250 тыс. т отходов от переработки птицы, 62 тыс. т отходов, поступающих от скотоубоя и 365 тыс. т продуктов от рыбной переработки [1, 6]. Ниже

приведены данные о развитии звероводства в Дании, Польше, Голландии и Республике Беларусь (таблица 2) [1, 3].

Таблица 2. – Данные о развитии клеточного звероводства в отдельных странах Евросоюза и Республике Беларусь, 2017 г.

Страны	Площадь (тыс. км ²)	Население (млн чел.)	Производство шкурок норки (млн шт.)	Число ферм	
				всего	на 1 млн населения
Дания	43,1	5,7	17,1	2000	350,8
Польша	312,6	38,5	9,0	750	19,5
Голландия	41,5	17,2	4,6	180	10,5
Республика Беларусь	207,6	9,5	0,6	15	1,6

Наглядно видно, что Республика Беларусь по территории почти в 2,5 раза превосходит территории Дании и Голландии вместе взятые. Однако производство клеточной пушнины в Белоруссии в 36 раз меньше. По числу звероводческих ферм на один миллион населения мы отстаем в 180 раз от Дании и Голландии, а от польских звероводов – в 50 раз. Очевидно, что строительство новых звероводческих комплексов требует больших денежных вложений и времени. Строительство современного звероводческого комплекса (30 тыс. самок норки) потребует около 10 млн BYN. Стоимость одного рабочего места в данном комплексе составляет от 50 тыс. до 70 тыс. BYN (до 30 тыс. USD). Окупаемость таких комплексов не менее 7-ми – 8-ми лет. Вполне очевидно, что сегодня таких возможностей нет ни у государства, ни у предпринимателей.

Изучение успехов европейских звероводов показало, что не только дешевое кормление сыграло положительную роль на столь интенсивное развитие.

Применение максимальной оптимизации технологии, автоматизации и механизации позволило увеличить производительность труда. Немаловажную роль сыграло и развитие мелких ферм (от 500 до 5000 самок норки).

При этом фермерские звероводческие хозяйства скандинавских стран не занимаются приготовлением кормов, не имеют собственных кормоприготовительных цехов, объемных холодильных емкостей и обширного штата обслуживающего персонала. В большинстве фермерских звероводческих хозяйствах Дании, Финляндии, Голландии нет цехов по первичной обработке шкурок. Готовый корм фермер получает от региональной кормокухни (частной или кооперативной). Услугами данной кормокухни пользуются десятки фермерских хозяйств, расположенных в радиусе до 200 км. По заявке фермера готовый корм доставляется до фермы специализированным автотранспортом. Пища уже содержит добавки, позволяющие использовать ее в течение 2–3 суток [7]. Первичной обработкой шкурок занимаются отдельные предприятия. По аналогичной схеме работают звероводы не только Европы, но и Северной Америки. Они занимаются исключительно уходом за животными, а необходимые услуги (корма, прививки, первичная обработка шкурок и прочее) фермеры покупают на стороне, заключая договора на кооперативной основе, что позволяет сокращать затраты на производство шкурок. В технологии белорусского звероводства на одного зверовода приходится один–два непрофильных сотрудника.

В настоящее время у звероводов Беларуси в разведении преобладают породы скандинавской норки, шкурки которых пользуются повышенным спросом. Однако это требует пересмотра технологии разведения и в первую очередь – кормления зверей, которое до настоящего времени больше ориентировано на технологию кормления прошлых лет. Селекция скандинавской норки основана на рационах малообъемных и высококалорийных. У скандинавских звероводов в одном килограмме корма в период выращивания содержится 1700–1900 ккал, у наших звероводов – всего 1200–1300 ккал. Это говорит о том, что в рационах кормления норок наших звероводческих хозяйств преобладают корма более дорогостоящие, с повышенным содержанием ингредиентов белковой группы (рыба и т.д.).

Белорусскими учеными в современной научно-методической литературе незаслуженно малое внимание уделяется проблемам функционирования отрасли и поиску путей повышения эффективной деятельности звероводческих хозяйств. К примеру, в Российской Федерации ра-

ботает 4 научных центра: НИИПЗК им. В. А. Афанасьева (Московская область); ВНИИОЗ им. Б. М. Житкова (г. Киров); институт цитологии и генетики СОН РАН (г. Новосибирск); институт биологии Карельского научного центра РАН (г. Петрозаводск). В странах Евросоюза успешно работают научные центры.

По данным Международной федерации торговли мехом, на научные исследования в области звероводства, Европейский пушной сектор и национальные правительства ежегодно выделяют более 1,6 млн EUR [1, 6]. Сегодня перед белорусским звероводством стоят сложные и амбициозные задачи, решить которые без новой концепции развития передового опыта, в том числе и зарубежного, невозможно. Очевидно, что проблемы, которые испытывает звероводство Беларуси, нельзя преодолеть без связи с наукой. Началом этих связей может служить Научно-техническая программа Союзного государства «Разработка инновационных энергосберегающих технологий и оборудования для производства и эффективного использования биобезопасных комбикормов для ценных пород рыб, пушных зверей и отдельных видов животных» («Комбикорм-СГ») утверждена постановлением Совета Министров Союзного государства от 8 декабря 2017 г. [8].

27 марта 2018 г. НАН Беларуси и Национальный Пресс-центр Республики Беларусь провели выездное пресс-мероприятие, посвященное реализации программы Союзного государства «Комбикорм-СГ». Над выполнением данной программы работает РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». Дополнительно в центр приглашены специалисты, обладающие научным и практическим опытом работы в звероводстве. Однако мы считаем, что не только вопрос кормления может изменить сложившуюся ситуацию в эффективности звероводства.

Изучив многолетний опыт фермерского звероводства других стран, специалисты РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» предлагают проект научно обоснованной концепции развития фермерского звероводства в Республике Беларусь (рисунок 1).

Основой данной концепции должны стать действующие звероводческие хозяйства. Приоритетные – это 5 звероводческих хозяйств потребительской кооперации и два звероводческих хозяйства системы Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. Производственные мощности этих хозяйств (кормоцеха, пункты первичной обработки шкурок), наличие профессиональных кадров и племенного поголовья зверей позволят создать сеть эффективных фермерских хозяйств, опираясь на опыт скандинавских звероводов [7]. Фермерские звероводческие хозяйства в системе Белкоопсоюза могут быть созданы в радиусе 100–150 км от действующих хозяйств. Практически каждое районное потребительское общество может иметь в своей структуре фермерское звероводческое хозяйство.

Первоначальную помощь в создании производственной базы фермерского хозяйства могут оказать научно-практические центры НАН Беларуси. Разработка средств механизации для фермерского звероводческого хозяйства (доставка кормов, бункерное хранение, кормление, автоматическое поение и др.) могут быть исполнены РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», технология разведения – РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству». В перспективе звероводству Республики Беларусь необходим отраслевой научно-практический центр.



Рисунок 1. – Схема проекта концепции развития фермерского звероводства Беларуси

Технология фермерского звероводческого хозяйства. Производственная база фермерского хозяйства

Начальный минимальный размер фермерского звероводческого хозяйства (семейного типа) может быть от 500 самок, 100 самцов и 2250 голов молодняка норки. Оптимальным считается средний размер фермерского звероводческого хозяйства, насчитывающий 2–3 тыс. голов маточного поголовья норок. При полной кооперации с действующим звероводческим хозяйством фермеру достаточно иметь в своем наличии:

- шеды для содержания пушных зверей с системой поения;
- изотермическую емкость для приема и хранения кормовой смеси;
- мобильный кормораздатчик или напольную тележку;
- санитарно-бытовое помещение для персонала.

Содержание норок

В звероводстве принято клеточное содержание норок в открытых навесах (шедах). Длина шеда может быть от 30 м до 100 м и более. Взрослых самцов и самок норок содержат по одной голове в клетке, молодняк – по две головы (оптимально: самец и самка), однако допускается содержание и трех самок молодняка в одной клетке. Потребность зверомест на каждые 500 самок основного стада составляет 1725 клеток (500 для самок, 100 для самцов, 1125 для молодняка, рассаженного по 2 головы в клетке). Для размещения клеток потребуется 3 шеда длиной 100 метров каждый. Площадь под застройку займет не более 4 га. Потребность в воде у норок – от 150 г до 200 г в сутки.

Организация кормления норок

Корма поступают от базового звероводческого хозяйства, основанием является договор продажи кормов. Доставка корма может быть транспортом базового зверохозяйства или при возможности транспортом фермерского хозяйства (рисунок 2). Корм хранится в изотермическом бункере (рисунок 3).

В настоящее время технология приготовления позволяет выпускать корма со сроком хранения 2–3 суток. На рисунке 4 показан процесс кормления норок: раздача кормовой смеси проводится с помощью мобильного раздатчика (рисунок 4а), корм раскладывается на сетку верхней стороны выгула клетки (рисунок 4б).



Рисунок 2. – Автокормовоз



Рисунок 3. – Изотермический бункер для корма

Зооветеринарное обслуживание. Первичная обработка шкурок

Для фермерских хозяйств нет необходимости содержать специалистов зооветеринарной службы. Их функции, по заключенному договору, берет на себя ведущее звероводческое хозяйство.

По сложившейся технологии, все зверохозяйства имеют цеха для первичной обработки шкурок. Технологическое оборудование этих цехов работает не более 3-х месяцев в году. Кроме этого, в Республике Беларусь с 2017 г. работает частное предприятие по первичной обработке шкурок пушных зверей, в том числе и норок. В этом случае вполне реальна обработка шкурок пушных зверей выращенных фермером. Процедура проста: специалист ведущего звероводческого хозяйства проводит усыпление товарного поголовья, тушки отправляются на переработку (по опыту работы скандинавских звероводов). После первичной обработки шкурки, готовые к реализации, возвращаются фермеру.



а



б

Рисунок 4. – Кормление норок

Заключение

Эффективному развитию отрасли в Беларуси сегодня мешают как отдаленные последствия старой системы, так и последствия кризисов 1998 г. и 2008 г., а так же слабая кормовая база, низкое качество кормов, устаревшие технологии, морально устаревшее оборудование и кадровый дефицит.

Пушнина – это экспортная продукция, эффективное производство которой должно быть под контролем государства и при государственной поддержке как экспортно-ориентированное направление.

Следовательно, представленные результаты исследования основных тенденций и перспектив развития клеточного пушного звероводства в Республике Беларусь, могут быть полезны руководителям: Белкоопсоюза, Министерства сельского хозяйства и продовольствия, Министерства экономики, преподавателям и студентам. Фермерское хозяйство – это реальный путь возрождения отрасли звероводства в Республике Беларусь. В связи с этим отрасли нужна научная поддержка и целевая программа развития фермерского звероводства. Звероводству Республики Беларусь необходимы сервисные центры, централизованное научное и зооветеринарное обслуживание. К научной и исследовательской работе следует интенсивнее привлекать вузовскую науку.

Реализация всего комплекса намеченных мер позволит звероводам Республики Беларусь в течение короткого периода времени (3–5 лет) расширить число звероферм, довести маточное поголовье норок в них до 300 тыс. гол. и выйти на уровень производства 1–2 млн шкурок в год. Задача сложная, но вполне реальная.

Литература

1. Паркалов, И. В. Звероводство России на пути выхода из кризиса / И. В. Паркалов // Труды отделения сельскохозяйственных наук Петровской академии наук и искусств (ПАНИ), сборник трудов // Петровская академия наук и искусств. Выпуск научных трудов отделения сельскохозяйственных наук Петровской академии наук. – СПб, 2014. – Вып. 5. – С. 155–162.
2. Бабак, Б. Д. Опыт организации звероводства на промышленной основе в СССР / Б. Д. Бабак // Москва, 1972. – 80 с.
3. Кангро, И. С. Состояние пушного звероводства в Республике Беларусь за 2017 год / И. С. Кангро // Стат. бюллетень. – Минск, 2018. – 10 с.
4. Дрок, Т. Е. Тенденции и перспективы развития пушного звероводства в эксклавному регионе России / Т. Е. Дрок // Региональная экономика и управление [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://eee-region.ru/article/5216/>. – Дата доступа: 04.06.2019.
5. Дюба, М. И. Состояние и перспективы развития звероводства в Республике Беларусь / М.И. Дюба // Материалы XVI Международной научно-практической конференции «Современные технологии сельскохозяйственного производства» (Гродно, 17 мая, 7 июня 2013 г.) / Гродненский государственный аграрный университет. – Гродно, 2013. – С. 356–358.
6. Паркалов, И. В. К вопросу о промышленной доместикации пушных зверей в России / И. В. Паркалов // Информационный вестник ВОГ и С, Новосибирск, 2010. – Т. 14. – № 3. – С. 389–397.
7. Паркалов, И. В. Опыт фермерского звероводства Финляндии / И.В. Паркалов. – СПб., 2007. – 109 с.
8. О научно-технической программе Союзного государства: постановление Совета Министров Союзного государства, 8 дек. 2017 г., № 45 // Постоянный Комитет Союзного государства Россия Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.postkomsg.com/documentation/document/1733/>. – Дата доступа: 19.06.2019.

Э. В. Дыба, канд. техн. наук

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь,
e-mail: dibua-18@mail.ru*

РЕЗУЛЬТАТЫ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ПРИЕМОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ КОМПЛЕКТА ОБОРУДОВАНИЯ КОДМ

В статье представлены общие сведения, назначение, устройство и результаты государственных приемочных испытаний комплекта оборудования для диспетчеризации и поддержания микроклимата в автоматическом режиме в свиноводческих помещениях КОДМ.

Ключевые слова: свинокомплекс, диспетчеризация, микроклимат, центральный диспетчерский пункт, локальный пульт управления, контрольно-измерительные приборы, шахта, сервопривод, протокол.

E. V. Dyba, PhD in Engineering sciences

*RUE "SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization",
Minsk, Republic of Belarus,
e-mail: dibua-18@mail.ru*

RESULTS OF THE STATE ACCEPTANCE TESTS OF THE SET OF THE EQUIPMENT OF KODM

General information, assignment, the device and results of the state acceptance tests of a set of the equipment for scheduling and maintenance of a microclimate in the automatic mode in pig-breeding rooms of KODM are presented in article.

Keyword: pig factory farm, scheduling, microclimate, central dispatcher station, local control panel, instrumentations, mine, servo actuator, protocol.

Проблему создания микроклимата в промышленном свиноводстве невозможно решить без эффективных вентиляционно-отопительных систем. Воздухообмен позволяет создать в помещениях не только оптимальный температурно-влажностный режим и поддерживать газовый состав воздуха в соответствии с зоогигиеническими нормативами, но и способствует удалению пыли и микроорганизмов. Для создания и поддержания нормативных параметров микроклимата в помещениях свиноводческих комплексов применяются общеобменные системы вентиляции с принудительной циркуляцией воздушных потоков [1–5].

Из-за многообразия требований (зоогигиенических, технологических, конструктивных и др.) в мировой практике животноводства встречаются различные системы вентиляции, которые, однако, могут быть классифицированы и подвергнуты анализу с точки зрения целесообразности применения в условиях крупногабаритных помещений современных промышленных комплексов.

До настоящего времени в большинстве производственных помещений параметры воздушной среды значительно отклоняются от уровней, установленных зоотехническими и санитарными требованиями. Ухудшение микроклимата сопровождается не только снижением жизнедеятельности и продуктивности животных, но и повышением расхода кормов на единицу продукции, которые в себестоимости продукции занимают 60–70% всех затрат [3, 4, 5].

Непрерывное улучшение технологии содержания животных вызывает необходимость внесения соответствующих изменений в системы обеспечения микроклимата путем совершенствования конструкции приточно-вытяжных устройств и средств автоматики.

В связи с этим в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», в рамках выполнения задания 5.1 «Обосновать основные параметры, разработать и освоить в производстве программно-аппаратный комплекс и технические средства для поддержания микроклимата в автоматическом режиме в свиноводческих помещениях с дальнейшей адаптацией их к другим

объектам сельскохозяйственного назначения», подпрограммы «Агропромкомплекс – эффективность и качество», ГНТП «Агропромкомплекс-2020» в 2016–2020 годы, разработан комплект оборудования для диспетчеризации и поддержания микроклимата в автоматическом режиме для свиноводческих помещений КОДМ (далее комплект оборудования КОДМ).

Комплект оборудования КОДМ предназначен для полной автоматизации, диспетчеризации, обеспечения и поддержания микроклимата в свиноводческих помещениях в соответствии с технологическим регламентом. Областью применения комплекта оборудования КОДМ являются сельскохозяйственные предприятия, комплексы по производству свинины. Устанавливается как в действующих помещениях, так и в реконструируемых помещениях.

Комплекта оборудования КОДМ состоит из:

- центрального диспетчерского пункта;
- локального пульта управления;
- контрольно-измерительных приборов (датчики температуры, влажности и CO_2);
- системы вентиляции (сервопривода управления заслонками, активные приточно-вытяжные шахты);
- системы охлаждения.

Центральный диспетчерский пункт (рисунок 1) изготовлен на базе персонального компьютера с разработанным программным пакетом в программном комплексе Master SCADA 3 (вертикально-интегрированная SCADA-система с многоуровневой клиент-серверной архитектурой, система универсальна и используется для автоматизации и диспетчеризации объектов во всех отраслях промышленности и сельского хозяйства). Обеспечивает полную автоматизацию обеспечения микроклимата всех помещений свинокомплекса, проведение мониторинга, задание, поддержание, анализ и архивирование значений параметров микроклимата.

Локальный пульт управления (рисунок 2) обеспечивает управление системой микроклимата в автоматическом и ручном режимах в отдельных помещениях свинарника, диалог оператора с системой через универсальную панель оператора на основе стандартных интерфейсов, ввод и хранение данных температурно-влажностных показателей, визуализацию вводимых данных, вывод текстовых сообщений, контроль протекания технологического процесса, защиту оборудования от перегрузок.

Система вентиляции, состоящая из сервопривода управления заслонками приточных шахт, активных приточно-вытяжных шахт для подачи свежего воздуха и оттока отработанного (рисунок 3).

Электронный сервопривод управления заслонками приточных шахт предназначен для двухпозиционного, трехпозиционного и модулирующего управления, с вращающим моментом 7 Н м . Состоит из возвратной пружины, самоцентрирующимся адаптером вала, механически регулируемым шагом в пределах $0...90^\circ$ с соединительным кабелем $0,9 \text{ м}$, регулируемым смещением и шагом для сигнала позиционирования, индикатором положения, потенциометром обратной связи и регулируемые вспомогательными переключателями для дополнительных функций [6].



Рисунок 1. – Центральный диспетчерский пункт



Рисунок 2. – Локальный пульт управления



Рисунок 3. – Активная приточно-вытяжная шахта

Шахта приточная состоит из: корпуса 1, защитного зонта 2, распределителя воздуха 3 и сервопривода управления заслонками 4 для линейного перемещения распределителя воздуха (рисунок 4).

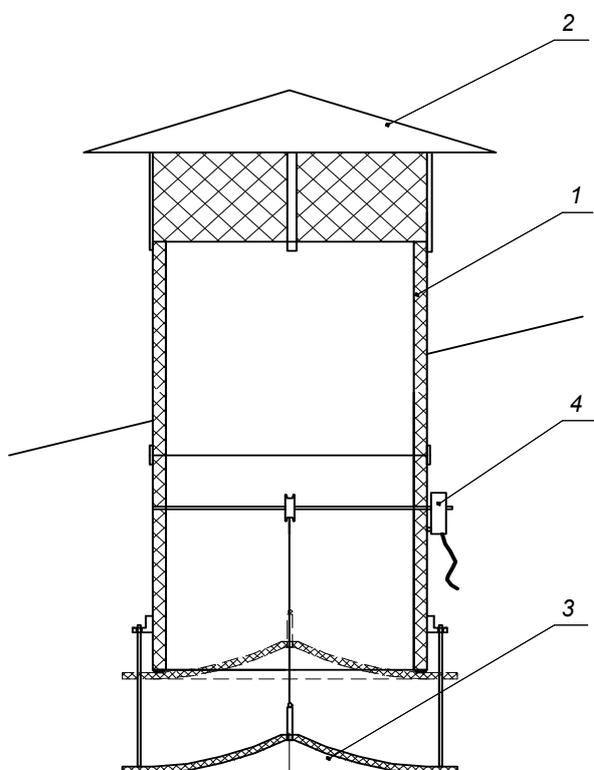


Рисунок 4. – Схема приточной шахты

Базовый корпус шахты приточной состоит из одной секции длиной 1500 мм, представляющей собой цилиндр в цилиндре, пространство между которыми заполняется теплоизоляционным материалом, толщиной не более 20 мм. Цилиндры секций изготавливаются из полиэтилена, устойчивого к ультрафиолетовому излучению. Базовый корпус шахты приточной имеет возможность наращивания его по высоте с помощью дополнительных секций.

В верхней секции корпуса шахты приточной крепится защитный зонт с опорным кольцом, изготавливаемые из полиэтилена. В нижней части данной секции устанавливается опорный лист с углом соответствующим углу наклона кровли помещения. В соответствии с рисунком 5 распределитель воздуха имеет коническую форму с плавным переходом поверхности к горизонтальной плоскости, прилегающей к торцу нижней секции корпуса шахты. Для герметизации плоскости прилегания распределителя воздуха к шахте должно быть установлено эластичное кольцо.

Шахта вытяжная отработанного воздуха предназначена для равномерного удаления из всего объема помещения загрязненного воздуха со скоростью воздушных потоков не превышающей допустимую, и обеспечивать во все периоды года производительность, соответствующую производительности приточных устройств. Шахта вытяжная состоит из раструба, корпуса, опорного листа, вентилятора и регулируемой заслонки. Корпус шахты вытяжной состоит из набора цилиндрических секций высотой 1500 мм и изготавливается из полиэтилена толщиной 4 мм. В нижней секции корпуса вытяжной шахты установлен электродвигатель мощностью 1,1 кВт, а также заслонка с электроповоротным устройством (приводом распределения воздуха). Заслонка установлена в корпусе выше электродвигателя на расстоянии, обеспечивающем при угле поворота 90° его нормальную работу.

Приточные и вытяжные шахты снабжены защитными зонтиками с опорным кольцом для предотвращения попадания атмосферных осадков внутрь обслуживаемого помещения, изготавливаются из полиэтилена с толщиной не менее 4 мм.

Контрольно-измерительные приборы включают в себя датчики температуры и влажности, датчики CO₂ для точного измерения свойств воздушной среды. Диапазон датчиков температуры и влажности составляет -40...+ 80°C, 0-100% соответственно, а датчика концентрации CO₂ – 0–2000 ppm. Все контрольно-измерительные приборы опытного образца комплекта оборудования имеют возможность подключения к системе управления и аварийной сигнализации, а также имеют однотипные информационные и управляющие сигналы для интеграции с системой управления и аппаратурой сбора информации.

Система охлаждения исключает повышение температуры в летний период до критической отметки путем подачи под давлением воды и распределения ее форсунками с образованием мелких капель (рисунок 5). Система охлаждения включает в себя регулятор давления, фильтр очистки воды, центробежный насос. Водопровод выполнен из труб ПВХ диаметром равным 32 мм и снабжен разбрызгивающими форсунками. Система охлаждения подключается к водопроводной сети с давлением не менее 0,4 атм. Монтаж водопровода производится на высоте 2,3 м над уровнем пола.

Диспетчеризация и поддержание микроклимата в обслуживаемых помещениях посредством комплекта оборудования КОДМ осуществляется по принципу трехуровневой схемы:

– 1 уровень – контрольно-измерительные приборы, исполнительные механизмы и приборы регулирования;

– 2 уровень – программно-аппаратный комплекс для съема параметров и состояния со всех приборов, их накопление и передачу на моноблок диспетчерского пункта, а также автоматическое управление системой по заданному технологическому регламенту;

– 3 уровень – специализированное программное обеспечение, установленное на моноблоке АРМ диспетчера, при помощи которого возможно в полном объеме наблюдать за технологическим процессом, вести регистрацию состояний с выводом на телефон и иметь удаленный доступ по сети интернет.

Техническая характеристика, основные параметры и размеры комплекта оборудования КОДМ представлена в таблице 1.



Рисунок 5. – Система охлаждения

Таблица 1. – Техническая характеристика, основные параметры и размеры комплекта оборудования КОДМ

№ п/п	Показатель	Значение показателя
1	Тип оборудования	стационарный
2	Масса, кг, не более	1000
3	Привод оборудования	электрический
4	Обслуживаемое поголовье, гол	от 240 до 12000
5	Обслуживающий персонал, чел.	1
6	<i>Система вентиляции</i>	
6.1	Производительность приточной шахты, м ³ /час, не менее	12 000
6.2	Габаритные размеры приточной шахты, мм	
	– высота секции, не более	1500
	– внутренний диаметр, не менее	800
	– наружный диаметр секции, не более	840
6.3	Масса, кг, не более	65
6.4	Номинальная мощность сервопривода открытия клапана, Вт, не менее	7
6.5	Номинальная мощность электродвигателя разгонного вентилятора приточной шахты, кВт, не более	1,5
6.6	Производительность вытяжной шахты, м ³ /час, не менее	12 000
6.7	Габаритные размеры вытяжной шахты, мм	
	– высота секции, не более	1500
	– внутренний диаметр, не менее	830
	– наружный диаметр секции, не более	840
6.8	Масса, кг, не более	65
6.9	Номинальная мощность электродвигателя вентилятора вытяжной шахты, кВт, не более	1,5
7	<i>Контрольно-измерительные приборы</i>	
7.1	Диапазон измерений температуры окружающего воздуха датчика температуры и влажности	–40...+80°C
7.2	Диапазон измерений относительной влажности RH датчика температуры и влажности	0–100%
7.3	Абсолютная погрешность измерения температуры датчика температуры и влажности	± 0,7°C

№ п/п	Показатель	Значение показателя
7.4	Абсолютная погрешность измерения влажности датчика температуры и влажности	$\pm 3,5\%$
7.5	Поддерживаемый интерфейс (протокол) датчика температуры и влажности	RS-485 (протокол Modbus RTU)
7.6	Диапазон измерения датчика концентрации CO ₂ , ppm	0 – 5000
7.7	Поддерживаемый интерфейс (протокол) датчика концентрации CO ₂	RS-485 (протокол Modbus RTU)
8	<i>Система автоматизированного контроля и управления:</i>	
8.1	Компьютерный интерфейс	Ethernet
8.2	Визуализация	Моноблок
9	Ресурс до списания, ч, не менее	35000
10	Срок службы, лет, не менее	12
11	Удельный расход электроэнергии, кВт·ч/1000 м ³	0,07311
12	Удельная суммарная трудоёмкость технических обслуживаний, чел·ч/ч	0,032
13	Средняя наработка на сложный отказ (отказы II и III группы сложности), ч, не менее	180
14	Ежесменное оперативное время технического обслуживания, ч, не более	0,18

В 2018 году комплект оборудования КОДМ успешно прошел государственные приемочные испытания в ГУ «Белорусская МИС» [7]. В результате проведенных испытаний установлено, что все основные параметры соответствуют техническому заданию на разработку комплекта оборудования КОДМ. Приёмочные испытания комплекта оборудования подтверждают достоверность полученных результатов теоретических и экспериментальных исследований по обоснованию основных конструктивных и кинематических параметров оборудования.

Литература

1. Тихомиров, Д.А. Энергосберегающая вентиляционно-отопительная установка для животноводческих помещений: Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве материалы 3-й Междунар. науч.-техн. конф.: в 5 ч. / ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства». – Москва, 2006. – Ч. 3. – С. 170–174.
2. Максимов, Н.В. Энергосбережение в системах обеспечения микроклимата животноводческих помещений / Н.В. Максимов, Н.Л. Козлова // Шестой съезд Ассоциации инженеров по отоплению, вентиляции, кондиционированию воздуха, теплоснабжению и строительной теплофизике (АВОК): сборник докладов. Часть II. – СПб, 1998. – С. 199–204.
3. Мишуrow, Н. П. Энергосберегающее оборудование для обеспечения микроклимата в животноводческих помещениях: ан. обзор / Н. П. Мишуrow, Т. Н. Кузьмина. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2004. – 96 с.
4. Бронфман, Л. И. Микроклимат помещений в промышленном животноводстве и птицеводстве / Л. И. Бронфман. – Кишинев: Штиинца, 1984. – 208 с.
5. Славин, Р. М. Автоматизация процессов в животноводстве и птицеводстве / Р. М. Славин. – М.: Агропромиздат, 1991. – 397 с.
6. Официальный сайт компании Siemens [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <http://www.siemens.com>. – Дата доступа: 03.06.2019.
7. Протокол №141 Б 1/4 – 2018 ИЦ от 29.12.2018 года приемочных испытаний комплекта оборудования для диспетчеризации и управления микроклиматом КОДМ / Испытательный центр государственного учреждения «Белорусская машиноиспытательная станция» (ИЦ ГУ «Белорусская МИС»), пос. Привольный, 2018 г.

И. В. Паркалов, канд. биол. наук,
Э. В. Дыба, канд. техн. наук

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь,
e-mail: i.parkalov@mail.ru, dibua-18@mail.ru*

МЕТОДЫ ПЕРЕРАБОТКИ БОЕНСКИХ ОТХОДОВ В КОРМ ДЛЯ ПУШНЫХ ЗВЕРЕЙ

Приготовление кормов для пушных зверей является одним из важнейших и ответственных процессов. Особенно это становится актуальным в последнее время, когда происходит стремительное изменение кормовой базы. На смену традиционным кормам в рационы пушных зверей вошли скоропортящиеся отходы производств. В статье рассмотрены основные методы переработки биологических отходов в корм для пушных зверей. Одним из таких приёмов является экструзия смеси состоящей из кормов животного происхождения, а также кормов растительной и овощной группы. Получаемый продукт, в виде готового полноценного комбикорма или кормовых добавок, вводится в рацион кормовой смеси для кормления пушных зверей.

Ключевые слова: норка, рацион, экструдер, биоотходы, зернофураж, продуктивность, утилизация.

I. V. Parkalov, *PhD in Biology sciences*
E. V. Dyba, *PhD in Engineering sciences*

*RUE "SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization",
Minsk, Republic of Belarus,
e-mail: i.parkalov@mail.ru, dibua-18@mail.ru*

METHODS OF PROCESSING OF BOYENSKY WASTE IN THE FORAGE FOR FUR ANIMALS

Preparation of feed for fur animals is one of the most important and responsible processes. Especially it becomes relevant in recent times, when there is a rapid change of the forage base. Replacing the traditional feed in rations of fur-bearing animals included perishable waste productions. In article the basic methods of processing of biological waste in feed for fur animals. One of these techniques is a mixture consisting of extrusion of feed: feed plant and animal and vegetable group. The resulting product, as a full-fledged forage or fodder additives is introduced into the diet of mixes for feeding fur animals.

Keywords: mink, diet, extruder, biowaste, zernofurazh, productivity, utilization.

Введение

Экономические условия сегодняшнего дня требуют использования высокоэффективных энергосберегающих технологий безотходного производства. Сегодня особое значение развитию этого направления придается в отраслях сельского хозяйства: животноводстве, птицеводстве, звероводстве, а также в перерабатывающей промышленности (рыбной, переработки технических культур и др.). Наиболее актуальной задачей данного направления является внедрение безвредных методов переработки биологических отходов, которые представляют собой ценное вторичное сырье для производства кормов. К биологическим отходам пищевой и перерабатывающей промышленности принято относить непищевые отходы и малоценные в пищевом отношении продукты, получаемые при переработке рыбы, птицы, скота и других животных. В соответствии с данными статистики суммарная масса биологических отходов от убоя и потрошения домашней птицы составляет не менее 26% от живого веса птицы. Около 30–35% составляют отходы от убоя свиней, крупного рогатого скота и от переработки рыбы [1]. По данным Белстата (рисунок 1) общее производство скота и птицы, в живом весе, в Республике Беларусь за 2017 г. составило 1725.4 тыс. т.

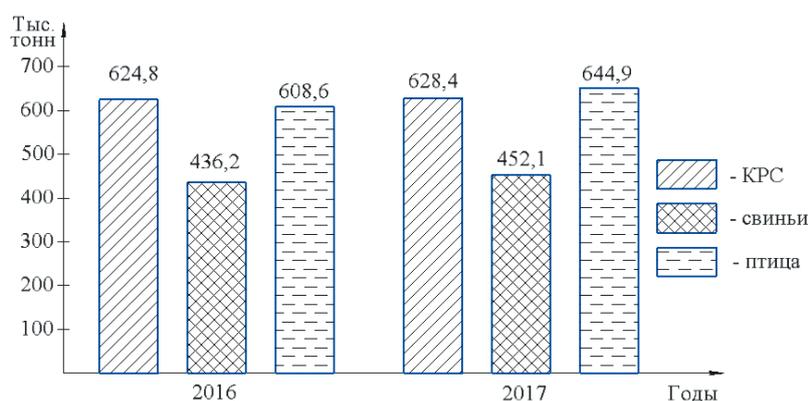


Рисунок 1. – Производство (выращивание) скота и птицы в 2016–2017 г.

Ежегодная суммарная доля отходов от переработки скота и птицы в Республике Беларусь составляет не менее 450–500 тыс. т. В Российской Федерации промышленная переработка биологических отходов в пищевой промышленности составляет не более 22% общего объема [2]. Сведений о переработке отходов от убоя скота и птицы в Республике Беларусь получить не удалось.

Современный уровень развития отрасли звероводства требует принципиально нового подхода к вопросу кормления пушных зверей: использование продукции от переработки биоотходов не пищевого назначения имеет огромное значение, приводящее к снижению себестоимости продукции звероводства. Данная практика использования отходов в кормлении пушных зверей в западных странах уже давно является нормой. Ускорение этому процессу придал Регламент (ЕС) № 1774/2002, Европейского Парламента и Совета от 3 октября 2002 г. Пункт 8 данного Регламента гласит: «...пищевые отходы, содержащие продукты животного происхождения, могут стать причиной распространения заболеваний. В странах Евросоюза пищевые отходы не должны использоваться для кормления содержащихся на фермах животных (кроме пушных зверей)».

Пушные звери стали биологическим «утилизатором» данных отходов [3]. Этот фактор оказал положительное влияние на увеличение производства шкурок пушных зверей в странах Европейского союза, особенно в Дании, Польше, Финляндии и др. (таблица 1).

Таблица 1. – Производство шкурок норок в отдельных странах и мире, млн шт.

Страна	1997 г.	2008 г.	2010 г.	2017 г.
Дания	10,5	14,0	14,0	17,1
Польша	0,2	2,8	4,3	9,0
Голландия	2,7	4,3	4,8	4,6
Финляндия	2,0	2,0	2,1	2,0
Республика Беларусь	0,7	0,9	0,8	0,6
Всего в мире	30,8	55,8	50,6	60,1

В 2015 г. в странах ЕС было произведено около 42,6 млн шкурок норки, 2,7 млн шкурок лисы, 155 тыс. шкурок енотовидной собаки и 206 тыс. шкурок шиншиллы [4].

Основная часть

В советское время на крупных мясоперерабатывающих комбинатах работали цеха по производству кровяной, мясокостной и костной муки. В то время была создана технология переработки пищевых отходов производства путем проварки биоотходов в котлах под высоким давлением. Создание этой технологии было лучшим комплексным решением по переработке мясокостных отходов с получением высокобелкового корма, с тех пор прочно вошедшего в рационы сельскохозяйственных животных и птицы. Отходы мелких предприятий свозили на ветсанутилизаторы, где их либо сжигали, либо использовали для производства мясокостной муки. Большая часть

таких заводов закрылась, а те, что остались – технически устарели и не справляются с поставляемым объемом отходов. В настоящее время, в этом вопросе, наиболее успешно работает отрасль птицеводства, где отходы от убоя птицы перерабатываются в сухие корма и используются для кормления той же птицы и другим сельскохозяйственных животных. Пока наше ветеринарное законодательство допускает подобное, однако этот способ безотходной утилизации не согласовывается с действующим Регламентом Европейского Парламента и Совета от 3 октября 2002г.

Очевидно, что наступит время, когда мы будем производить продукты питания по аналогичным требованиям Совета Европы. В этом случае звероводство может стать единственным потребителем отходов от переработки сельскохозяйственных животных и птицы. В данной ситуации заинтересованность в расширении воспроизводства пушных зверей в Республике Беларусь.

Переработка боенских отходов методом сухой экструзии

Традиционные методы переработки биологических отходов практически исчерпали свои внутренние ресурсы. Сегодня в наиболее экономически развитых государствах (США, Японии, Германии, Франции и др.) приоритетным направлением в переработке биоотходов являются экструзионные технологии.

Экструзия (от латинского *extrudo* – выдавливание) – это процесс, совмещающий термо-, гидро- и механохимическую обработку сырья для получения продуктов с новой структурой и свойствами. Экструзионные технологии позволяют быстро, не прерывая процесса в одной машине (экструдере), проводить ряд операций практически одновременно: перемешивать, сжимать, нагревать, стерилизовать, варить и формовать продукт. За короткое время, не более 30 секунд, в сырье происходят процессы, соответствующие длительной термообработке.

Впервые подобная технология переработки отходов птицеводства и животноводства была предложена американскими специалистами в 1995г. (по образному выражению, прозвучавшему на одном из семинаров, американцы экструдировать все, что видят) [2].

Переработка биологических отходов предусматривает изготовление биологически ценных, экологически безопасных и стойких к длительному хранению кормов. Измельченные отходы животного происхождения предварительно перемалывают, а затем смешивают с растительным наполнителем.

Таким путем уменьшают влажность массы, подаваемой в экструдер, до 28–30%. Полученную смесь подвергают экструзии, получая при этом пригодный для кормления пушных зверей продукт (рисунок 2). В качестве наполнителя могут быть использованы отруби, овощи или другие зерновые продукты. При экструзии давление в стволе экструдера превышает 50 кг/см^2 , что ускоряет процесс диффузии веществ в корме. Смесь проходит тепловую обработку при температуре 130–175 °С. Тепловая обработка повышает переваримость питательных веществ, улучшает вкусовые качества продукта, уничтожает или подавляет до приемлимого уровня токсины бактерий, грибков и плесеней (стерилизация). Кратковременное воздействие температуры оказывает минимальное воздействие на качество белка – переваримость протеина составляет 90%, усвояемость лизина – до 88%. В процессе экструзии жесткой обработке подвергаются одновременно все со-



Рисунок 2. – Схема экструзии

ставляющие, поэтому готовый продукт имеет высокую степень санитарной безопасности вне зависимости от исходной зараженности сырья (за исключением запрещенного к переработке).

Экструзия дает возможность применять в качестве растительного компонента зерновые отходы (отруби), комбикорма и кормовую муку, забракованные по санитарным показателям. Полученный из биологических отходов и растительного компонента способом экструзии продукт, является принципиально новым в кормлении пушных зверей. Данная технология легко применяется при производстве полнорационных кормов для растительноядных пушных зверей: кроликов, нутрий, шиншилл.

Для получаемого в результате экструзии продукта характерны такие свойства как:

- содержание протеина – от 20% до 30%;
- высокая усвояемость (порядка 90%);
- обменная энергия, на 100 г – 290–310 ккал;
- бактериальная чистота, тыс. ед. – не более 20.0 (норма 500);
- влажность – не выше 14%;
- длительный срок хранения – не менее 6-ти месяцев.

Данная технология пока еще не нашла должного применения в звероводстве. Но она имеет широкие перспективы. Сегодня перед белорусским звероводством стоят сложные задачи, решить которые без внедрения новых технологий кормопроизводства для пушных зверей просто невозможно. Особенно для пушных растительноядных зверей: кролик, нутрия и шиншилла. Технология экструзии позволяет готовить полнорационные комбикорма для этих животных. Для пушных плотоядных зверей: норка, лисица, соболь и др., внедрение технологии экструдирования биотходов и кормов овощной группы с растительным наполнителем позволяет получать белковые и углеводные концентраты, которые можно включать в рацион кормления как составляющие ингредиенты рациона с объемом до 30%.

Началом решения данной проблемы является научно-техническая программа Союзного государства «Разработка инновационных энергосберегающих технологий и оборудования для производства и эффективного использования биобезопасных комбикормов для ценных пород рыб, пушных зверей и отдельных видов животных» («Комбикорм-СГ»).

Утверждена программа постановлением Совета Министров Союзного государства от 8 декабря 2017 г. [5]. Выполнение данной программы возложено на НПЦ НАН Белоруссии по механизации сельского хозяйства. В течение второй половины 2018 г. НПЦ НАН Беларуси были разработаны «Исходные требования» на комплект оборудования для производства высокоэффективных комбикормов для пушных зверей производительностью 1,2 т/ч, подготовлен проект технического задания на данный комплект оборудования. Также разработаны основные рецепты смесей белковых и углеводных добавок для рационов кормления пушных зверей. «Исходные требования» на комплект оборудования для производства высокоэффективных комбикормов для пушных зверей производительностью 1,2 т/ч согласованы со Всероссийским научно-исследовательским институтом комбикормовой промышленности и утверждены Президиумом Национальной академии наук Беларуси. В планах 2019 г. предусмотрено провести испытание комплекта оборудования и получение готовых экструдатов на базе производственного унитарного предприятия «Пинское зверохозяйство Белкоопсоюза».

Иные методы переработки боенских отходов

Существует ряд методов переработки боенских отходов (субпродуктов) сельскохозяйственных животных и птицы. Субпродукты не пригодные для употребления в пищу человеком превращаются в ценное протеиновое сырье, минералы, жиры. Частично боенские отходы можно перерабатывать методом экструдирования с растительным наполнителем. При этом удельный вес отходов в конечном продукте составляет не более 30%. Однако наиболее перспективным методом переработки боенских отходов в корма для плотоядных пушных зверей может быть метод тепловой обработки сухим или влажным способами и особенно боенских отходов, требующих обязательной стерилизации путем варки. Это субпродукты от переработки свиней и птицы, а также кровь и кишечное сырье всех видов животных.

Важным моментом является и то, что эти субпродукты можно скармливать плотоядным пушным зверям постоянно в течение всего годового производственного цикла, так как в результате переработки мы получаем продукт с минимальным содержанием не только влаги, но и жира. В зависимости от технического решения технологического оборудования процесс переработки можно проводить в аппаратах непрерывного или периодического действия при атмосферном давлении, избыточном давлении или под вакуумом.

Сухой способ тепловой обработки заключается в нагреве сырья без контакта с острым паром или водой. Вакуумный котел, как горизонтальный автоклав с паровой рубашкой, позволяет технически провести обработку этим способом.

Мокрый способ тепловой обработки характеризуется тем, что теплоноситель в виде острого пара или воды, непосредственно воздействуя на сырье, приводит к денатурации белковых веществ и гидролизации коллагена.

Переработка отходов от убоя начинается с измельчения сырья. На рисунке 3 показана схема переработки.

После измельчения до необходимого размера, исходное сырье (отходы) нагревается как при помощи острого пара, который позволяет избежать подгорания, так и непрямым нагревом до температуры, при которой происходит плавление жира и коагуляция белков. В процессе стерилизации уничтожаются все виды микроорганизмов, включая трансмиссивные инвазии. На следующей стадии переработки боенских отходов происходит разделение разваренной массы на твердый остаток (кек с минимальным содержанием жира и влаги), жир и воду. Для этих целей в отечественной технологии переработки боенских отходов применяются горизонтальные осадительные центрифуги, типа ОГШ, со шнековой выгрузкой осадка. Предназначены центрифуги для непрерывного разделения жидких неоднородных суспензий, содержащих твердую фазу, плотность которой выше плотности жидкой фазы. Отделенные твердые составляющие (кек) представляют собой сухой материал с содержанием сухих веществ около 35–40% («drip free» – с которого не течет и не капает).

Жидкая фракция в виде водно-жировой суспензии подается на высокоскоростные центробежные сепараторы, где происходит разделение на жир и воду.

На сегодняшний день абсолютно точно известно и подтверждено мировым опытом, что система варки в котлах с использованием пара считается наиболее экономичным, санитарным и высокоэффективным способом переработки отходов животного сырья и производства на их основе ценной протеиновой муки и жиров.

Среди зарубежных разработок представляют интерес технологические линии переработки: шведской фирмы Alfa Laval, компании DUPPS, компании «Биокомплекс», ВНИИМП им. В. М. Горбатого. На технологических линиях данных компаний осуществляется непрерывная влажная переработка в жир и муку побочных продуктов мясного производства – боенских отходов (субпродуктов), крови, костей. В своих технологических решениях фирма Alfa Laval, для разделения разваренной массы на составляющие (кек, жир, вода), начала применять трикантеры (рисунок 4).



Рисунок 3. – Схема переработки боенских отходов (для получения муки)

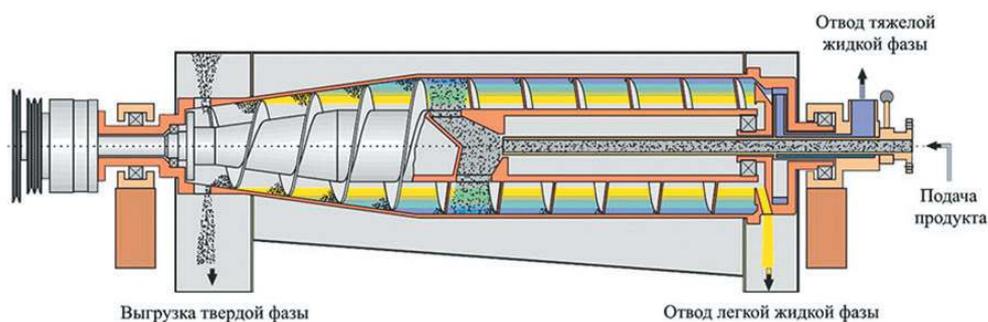


Рисунок 4. – Схема работы трикантера

Трикантер обеспечивает разделение двух жидких фаз (вода и жир) от одной твердой фазы (кек). Различные плотности (несмешиваемых) жидкостей и твердого вещества означают, что все три фазы могут быть выгружены одновременно.

На заключительной стадии переработки боенских отходов мясокомбинатов и птицефабрик, все компании направляют на сушку твердый остаток (кек) для производства муки в зависимости от исходного сырья (костной, мясокостной, рыбной или кровяной). Полученный жир обрабатывается консервантом и фасуется в емкости для хранения. В дальнейшем его можно использовать в комбикормовой промышленности, в кормлении пушных зверей или отправить для производства моющих средств (мыло и др.). При этом получаемая мука находит широкое применение в кормлении животных. Однако для звероводства ее применение ограничено. Предельные нормы скармливания муки не превышают 5% от суточного рациона. В настоящее время звероводческие хозяйства Республики Беларусь получают боенские отходы от мясокомбинатов, боенских цехов и птицефабрик Беларуси. Боенские же отходы от переработки свиней и птицы, непосредственно на кормокухнях звероводческих хозяйств, подвергаются дополнительной тепловой обработке [6].

Данная практика распространена только в отечественной технологии звероводства. Звероводческие кормокухни европейских звероводческих хозяйств (Дании, Финляндии и др.) получают безопасные от переработчиков ингредиенты рациона, в том числе и мясной группы, которые не требуют дальнейшей термической обработки.

Переработка боенских отходов становится значительной статьей доходов мясокомбинатов, боенских цехов и птицефабрик. Чтобы продукт был конкурентоспособным, необходимо производить его высококачественным.

В связи со сложившимися обстоятельствами в области переработки боенских отходов на мясокомбинатах и птицефабриках, а также с целью сокращения импорта кормов белковой группы для нужд звероводства Республики Беларусь, мы предлагаем новую технологическую схему линии переработки данных отходов (рисунок 5).

Новизна состоит в том, что в нашем предложении твердая фракция (кек) отправляется не на сушку с целью получения муки, а подвергается замораживанию в низкотемпературных камерах холодильников или в других морозильных установках. Преимущество данного предложения для

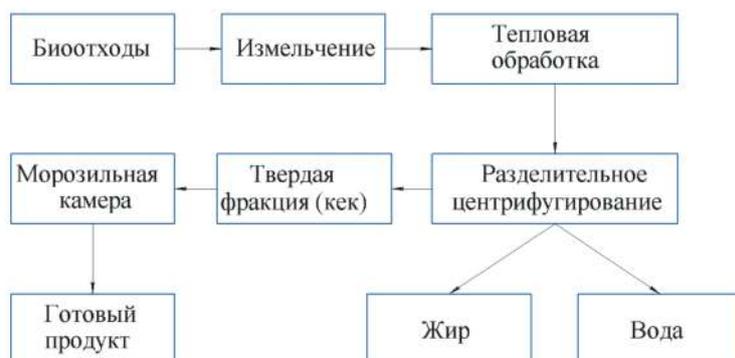


Рисунок 5. – Схема переработки боенских отходов (предложенный вариант)

звероводства заключается в том, что плотоядных пушных зверей (норок, соболей, лисиц и др.) кормят влажными мешанками, состоящих из набора ингредиентов мясной, рыбной, зерновой и овощной групп кормов.

В связи с этим нет необходимости проводить дополнительную сушку твердой фракции – достаточно ее заморозить. Для хранения потребуются низкотемпературные холодильники, которые имеются в наличии на перерабатывающих предприятиях и непосредственно в каждом звероводческом хозяйстве.

Заключение

Эффективному развитию отрасли в Белоруссии сегодня мешают как отдаленные последствия старой системы, так и последствия кризисов 1998 г. и 2008 г., а так же слабая кормовая база, низкое качество кормов, устаревшие технологии, морально устаревшее оборудование, кадровый дефицит. Основу рациона пушных зверей составляют корма животного происхождения. Однако кормовая база в звероводстве ощущает дефицит полноценного животного белка. В последнее время для звероводства стали практически недоступными мускульное мясо, цельная рыба, субпродукты первой категории, основными компонентами рациона стали корма с низкой питательностью. В этом случае объем нормированного количества корма намного увеличивается, особенно в период роста. В данной работе предложены способы переработки отходов от убоя сельскохозяйственных животных и птицы с получением конечного продукта в виде замороженных брикетов, жира и сухого комбикорма концентрата. В Республике Беларусь четко прослеживается тенденция по увеличению объемов в производстве мяса сельскохозяйственных животных и птицы. В связи с этим проблема переработки отходов убоя становится более актуальной. Существующие экономические условия требуют внедрения в производство высокоэффективных безотходных технологий. На данный момент вопрос создания экологически безопасных производственных методов и оборудования, обеспечивающих эффективную переработку отходов, становится более, чем актуальным.

Наши предложения не только решают проблему утилизации отходов от переработки скота и птицы, но и обеспечивают отрасль звероводства Республики Беларусь полноценными белковыми кормами, экономя значительные средства на закупке протеиновых добавок за рубежом.

Литература

1. Гарзанов, А. Л. Экструдированные корма из биоотходов / А. Л. Гарзанов, О. Дорофеева, С. В. Капустин // Москва, ж. «Комбикорма», № 8, 2011. – С. 47–48.
2. Кадыров, Д. Экструзионная переработка биологических отходов в корма / Д. Кадыров, А. Гарзанов // Москва, ж. «Птицеводство», № 7, 2008. – С. 51–54.
3. Паркалов, И. В. Звероводство России на пути выхода из кризиса / И. В. Паркалов // Труды отделения сельскохозяйственных наук Петровской академии наук и искусств (ПАНИ), сборник трудов // Петровская академия наук и искусств. Выпуск научных трудов отделения сельскохозяйственных наук Петровской академии наук. – СПб, 2014. – Вып. 5. – С. 155–162.
4. Дрок, Т. Е. Тенденции и перспективы развития пушного звероводства в эксклавном регионе России / Т. Е. Дрок // Региональная экономика и управление [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://eee-region.ru/article/5216/>. – Дата доступа: 04.07.2019.
5. О научно-технической программе Союзного государства: постановление Совета Министров Союзного государства, 8 дек. 2017 г., № 45 // Постоянный Комитет Союзного государства Россия Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.postkomsg.com/documentation/document/1733/>. – Дата доступа: 19.06.2019.
6. Балакирев, Н. А. Нормы кормления и нормативы затрат кормов для пушных зверей и кроликов / Н. А. Балакирев, В. Ф. Кладовщиков, Т. М. Демина, Е. Г. Квартникова [и др.] // Справочное пособие. Москва, 2007 – 185 с.

В. В. Микульский, к. т. н., **И. М. Лабочкий**, к. т. н., **А. А. Бернацкий**, ст. м. н. с.

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь,
e-mail: Wadim_501@mail.ru*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЦЕССА УПЛОТНЕНИЯ СЕНАЖНОЙ МАССЫ ТРАКТОРНЫМ АГРЕГАТОМ, ОСНАЩЕННЫМ ВИБРОУПЛОТНИТЕЛЕМ

В статье представлены результаты экспериментальных исследований по определению рациональных технологических и энергетических показателей процесса уплотнения сенажной массы тракторным агрегатом, оснащенный макетным катком вибрационного типа МВК-5.

Ключевые слова: корм, сенаж, уплотнение кормов, виброуплотнитель, каток, механический вибратор, статическая нагрузка, вибродинамическая нагрузка, вынуждающая сила, частота колебаний, удельное давление, статический момент.

V. V. Mikulsky, I. M. Labocky, A. A. Bernatski

*RUE “SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization”,
Minsk, Republic of Belarus,
e-mail: Wadim_501@mail.ru*

DETERMINATION OF TECHNOLOGICAL AND ENERGY INDICATORS OF THE SEALING OF THE HAYLAGE MASS BY A TRACTOR AGGREGATE, EQUIPPED WITH VIBRATION COMPACTOR

The article presents the results of experimental studies to determine the rational technological and energy indicators of the process of compaction of the haylage mass by a tractor aggregate, equipped maquette roller vibrating type MBK-5.

Keywords: feed, haylage, compaction feed, vibration compactor, truck, mechanical vibrator, static load, vibrodynamic load, driving force, oscillation frequency, specific pressure, static moment.

Для нужд отечественного животноводства ежегодно заготавливается свыше 25 миллионов тонн сенажа и силоса с хранением их в траншейных хранилищах [1]. Для реализации их заготовки в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» создан и поставлен на производство целый комплекс машин, включающий: косилки, ворошилки, грабли-валкователи, кормоуборочные комбайны, транспортные средства, которые по основному показателю назначения – производительности – обеспечивают дневную укладку до 700 тонн сенажа, а силоса – свыше 1000 тонн [2].

В настоящее время для уплотнения кормов в траншейных хранилищах применяются колесные тракторы класса 5, а также специальные агрегаты на их базе, которые осуществляют данный процесс под действием статической нагрузки, значение которой определяется общей массой агрегата и площадью опорной поверхности ходовой системы.

Однако, как было установлено, при данном способе уплотнения кормов в траншейных хранилищах, производительность разработанного комплекса техники для их заготовки в 1,5 раза выше, чем у агрегатов для их уплотнения. В результате чего сдерживаются темпы уборочных работ, корма не достигают требуемого качества и, как следствие, возрастают потери [2].

На практике для повышения производительности агрегатов для уплотнения кормов увеличивают их массу путем навешивания дополнительных грузов. Однако препятствием для наращивания массы агрегатов становятся допустимые нагрузки на оси тракторов, что приводит к ограничению производительности данных агрегатов.

По этой причине для повышения скорости уплотнения и плотности кормов в траншейных хранилищах в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработан макетный образец уплотнителя кормов (рисунок 1), процесс уплотнения которых осуществляется под действием статической и вибро- динамической нагрузки.

Макетный образец вибрационного уплотнителя кормов МВК-5 (рисунок 2) включает следующие основные узлы: набор секций катков 1, раму с навеской 2, для навешивания на трактор и механический вибратор 3. Привод вибратора осуществляется от гидромотора 5, через редуктор 4 посредством клиноременной передачи. Натяжение ремня осуществляется натяжителем 6.

Для проведения экспериментальных исследований были выбраны наиболее значимые факторы, влияющие на процесс уплотнения кормов под действием вибродинамической нагрузки, – вынуждающая сила вибратора $F_{вн}$, статический момент дебаланса $M_{ст}$ и частота его вращения n .

Статический момент дебаланса изменяли путем изменения положения дебалансов, расположенных на валу вибратора 3 (рисунок 3), а частоту колебания дебалансов при помощи регулятора потока масла, расположенного в кабине трактора (4).



Рисунок 1. – Общий вид макетного образца МВК-5

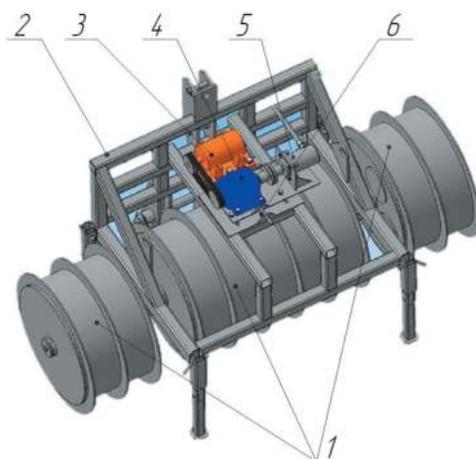


Рисунок 2. – Схема макетного образца вибрационного уплотнителя кормов МВК-5

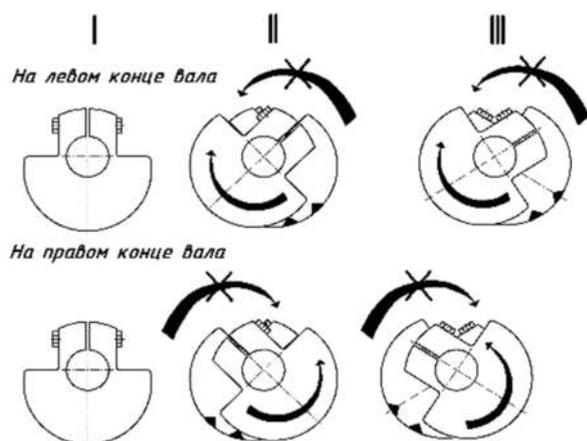


Рисунок 3. – Схема регулировки статического момента дебалансов вибратора (ЭВ-422)



Рисунок 4. – Регулятора потока масла в тракторе «Беларус-3522»

Технические характеристики вибратора ЭВ-422 представлены в таблице 1 [3].

Таблица 1. – Технические характеристики вибратора ЭВ-422

Технологические параметры вибратора ЭВ-422	Частота колебаний, мин^{-1}	Положения дебалансов (смотри рисунок 3)		
		I	II	III
Статический момент дебаланса, $\text{кг}\cdot\text{см}$	6000	11,0	8,25	5,5
Вынуждающая сила, кН		43	32,25	21,5

Вынуждающую силу вибратора $F_{\text{вн}}$ определяли по формуле (1):

$$F_{\text{вн}} = \frac{M_{\text{ст}}}{100} \cdot \left(\frac{2\pi n}{60} \right)^2, \quad (1)$$

где $M_{\text{ст}}$ – статический момент дебаланса $\text{кг}\cdot\text{см}$;
 n – частота вращения дебаланса, мин^{-1} .

Экспериментальные исследования выполняли методом единственного различия фактора. Уплотнение сенажной массы вибрационным катком определяли в зависимости от статического момента дебаланса вибратора $M_{\text{ст}}$ и частоты его колебания n . Энергетические показатели определяли в зависимости от технологических параметров вибратора

Порядок работы следующий. После каждой выгрузки сенажной массы в траншейную яму осуществлялось его распределение, а затем данную массу уплотняли тракторным агрегатом, оснащенным виброуплотнителем. Количество проходов по одному месту составило не менее 5 раз. Когда высота уплотненной массы по всему периметру превышала 0,5 м – проводились первые замеры плотности кормов. Последующие замеры плотности кормов проводились уже через каждые 0,35 м.

Для определения плотности кормового монолита, в траншейной яме, делали 5 вырезов размером 0,25x0,25x0,20 м (0,01 м^3), в том числе одну в центре, одну у стенки траншеи в месте перепада горизонтальной поверхности массы в наклонную, а остальные в трех точках, выбранных произвольно по ширине, и равномерно расположенных по длине траншеи.

Корм, извлеченный из каждой вырезки, взвешивали на весах ВР-04 МС-5/10-ЖТ с погрешностью 10 г. Полученную массу материала в ящике пересчитывали на 1 м^3 . При минимальной величине навески 7,94 кг предельная ошибка опыта составила 0,1%. Опыт проводили в трехкратной повторности на сенаже влажностью 56,4% и длиной резки 50 мм. Затем полученные данные обрабатывали методом математической статистики. Результаты расчета заносили в лабораторный журнал.

Нормальное удельное давление, которое оказывал каток на уплотняемый материал, составил 5200 $\text{кг}/\text{м}^2$. Исследованию подвергался вибратор ЭВ-422 с вынуждающей силой 5,5, 8,25, 11,0 $\text{кг}\cdot\text{см}$ и синхронной частотой колебаний от 1000 до 4000 мин^{-1} с шагом 1000 мин^{-1} .

Расход топлива определяли через лицензионную систему мониторинга транспорта GPS Wialon Operator.

На рисунке 5 представлено влияние статического момента дебаланса вибратора на плотность сенажной массы. Исследования проводили при нормальном удельном давлении катка на массу 5200 кг/м^2 и частоте колебания вибратора 2000 мин^{-1} . Данные первоначальные параметры были установлены по результатам предыдущих исследований при установлении эффективности процесса уплотнения кормов под действием статических и переменных динамических нагрузок на экспериментальной установке [4].

Из рисунка 5 следует, что при увеличении статического момента дебаланса вибратора до $5,0 \text{ кг}\cdot\text{см}$, насыпная плотность сенажной массы увеличивается незначительно, что объясняется высоким отношением между массой катка и оказываемой возмущающей силой на последнего, что, в свою очередь, приводит к низкой вибрации. При дальнейшем увеличении статического момента дебаланса насыпная плотность кормов резко увеличивается, что объясняется увеличением влияния вибрационных сил, приводящих к улучшению качества формирования материала вследствие приведения последнего к более одинаковой плотности.

На рисунке 5 представлено влияние частоты колебания вибратора на плотность сенажной массы. Исследования проводили при нормальном удельном давлении катка на массу 5200 кг/м^2 и статическом моменте дебаланса вибратора $11 \text{ кг}\cdot\text{см}$.

Из рисунка 6 следует, что плотность сенажной массы в исследуемом диапазоне частоты колебания вибратора повышается при увеличении последнего до 3000 мин^{-1} . Дальнейшее увеличение частоты колебания вибратора приводит к снижению насыпной плотности кормов. Это обусловлено тем, что при малой частоте колебания вибратора не обеспечивается полное разрушения связей между частицами кормов, следовательно, процесс перераспределения частиц в общем массиве замедляется, ухудшая, таким образом, не только условия приведения материала к одинаковой плотности но и процесс вытеснения воздуха. При увеличении частоты колебания вибратора более 3000 мин^{-1} создаются также неблагоприятные условия для их уплотнения, обусловленные повышенной скоростью движения частиц в общем массиве, что также приводит к замедлению перераспределения частиц.

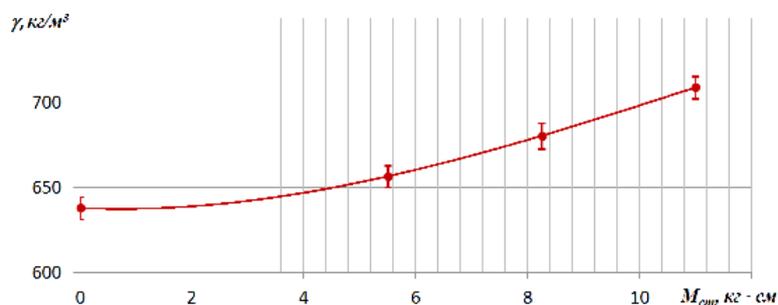


Рисунок 5. – Зависимость плотности сенажной массы от статического момента дебаланса вибратора при нормальном удельном давлении катка на массу 5200 кг/м^2 и частоте колебания вибратора 2000 мин^{-1}

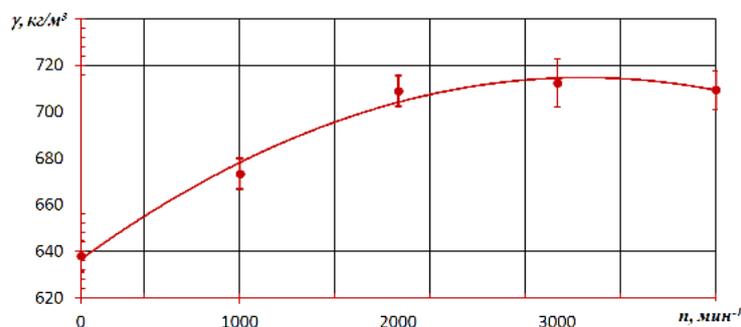


Рисунок 6. – Зависимость плотности сенажной массы от частоты колебания вибратора при нормальном удельном давлении катка на материал 5200 кг/м^2 и статическом моменте дебаланса вибратора $11,0 \text{ кг}\cdot\text{см}$

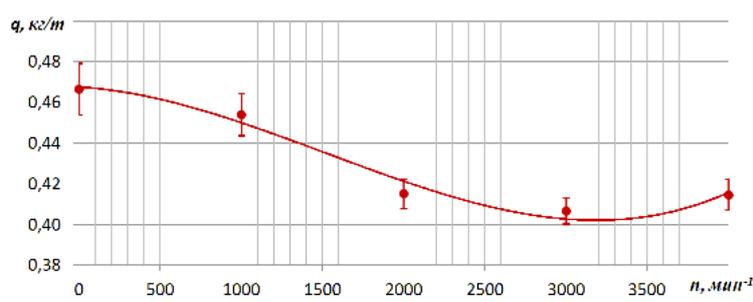


Рисунок 7. – Зависимость удельного расхода топлива от частоты колебания вибратора при нормальном удельном давлении катка на материал 5200 кг/м^2 и статическом моменте дебаланса вибратора $11,0 \text{ кг}\cdot\text{см}$

На рисунке 7 представлено влияние частоты колебания вибратора на удельный расход топлива при статическом моменте дебаланса вибратора $11 \text{ кг}\cdot\text{см}$. Из рисунка следует, что при увеличении частоты колебания вибратора до 3100 мин^{-1} , происходит снижение удельного расхода топлива за счет увеличения производительности уплотнения сенажной массы до 10%. Дальнейшее увеличение частоты колебания вибратора приводит к росту удельного расхода топлива, что объясняется теми же происходящими явлениями, что и при описании предыдущего графика, вследствие чего, производительность уплотнения сенажной массы снижается.

Таким образом, экспериментальные исследования позволили определить рациональные технологические показатели процесса уплотнения сенажной массы тракторным агрегатом, оснащенным вибрационным уплотнителем МВК-5, а также его и энергетические показатели. Так исследованиями установлено, что при нормальном удельном давлении вибрационного катка на сенаж 5200 кг/м^2 , более близкое к оптимальному значению уплотнения массы обеспечивается при статическом моменте дебаланса вибратора $10 - 11,0 \text{ кг}\cdot\text{см}$, частоте его колебания $2500 - 3500 \text{ мин}^{-1}$ и вынуждающей силе вибратора (согласно формуле 1) $F_{\text{вн}} = 6,85 - 14,76 \text{ кН}$. При таких параметрах плотность сенажа по сравнению с работой макетного образца без оказания на последних вибродинамических нагрузок [5] увеличилась до 11% и составила $g_{\text{сенаж}} = 708 - 712 \text{ кг/м}^3$.

Исследованиями также установлено, что роль переменных динамических нагрузок, создаваемых вибрацией сводятся не только к тому, чтобы облегчить процесс уплотнения кормовой массы, но и обеспечить вытеснение воздуха, дозаполнение их свободных зон, приводя общий объем последних к одинаковой плотности. Это обстоятельство, как было установлено, позволило ускорить процесс уплотнения до 20%, увеличить производительность сменного времени до 10% – с $32,5$ до 39 м/ч , а следовательно снизить удельный расход топлива тракторного агрегата с $q_{\text{сенаж}} = 0,47 \text{ кг/т}$ до $q_{\text{сенаж}} = 0,41 \text{ кг/т}$, т.е. на 12,7%.

Литература

1. Привалов, Ф. И. Стратегия развития кормопроизводства до 2020 года / Ф. И. Привалов // Земледелие и защита растений. – 2017. – № 1. – С. 68.
2. Бакач, Н. Г. Пути обеспечения качества кормов в траншеях / И. М. Лабоцкий, М. В. Иванов, И. М. Лабоцкий // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 110-летию со дня рождения академика М. Е. Мацепуро (Минск, 17–18 окт. 2018 г.) / редкол.: П. П. Казакевич (гл. ред.), Л. Ж. Кострома. – Минск: Беларуская навука, 2018. – С. 214–217.
3. Промышленные вибраторы. Виброоборудование: Ярославский завод «Красный маяк» / каталог продукции, 2012 – 33 с.
4. Исследование процесса уплотнения силосной и сенажной массы в траншейных хранилищах под действием переменных динамических нагрузок с разработкой макетного образца уплотнителя кормов: отчет о НИР (промежут.) / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»; рук. темы И. М. Лабоцкий. – Минск, 2018. – 32 с. – № ГР 20170745.
5. Протокол № 020 Б1/4–2016 приемочных испытаний агрегата для распределения и уплотнения кормов в хранилищах АРУК-5 / ГУ «Белорусская МИС». – Привольный, 2016. – 73 с.

В. В. Голдыбан, к. т. н. зав. лабораторией, **М. И. Курилович**, м. н. сотр.

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: labpotato@mail.ru*

СОЗДАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ НЕКОНДИЦИОННЫХ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ ДЛЯ МАШИН АВТОМАТИЧЕСКОЙ ИНСПЕКЦИИ

В статье приведен анализ внешних дефектов клубней картофеля, рассмотрены основные требования, которым должны удовлетворять разрабатываемые системы идентификации и инспекции некондиционных клубней картофеля, описывается методика создания базы данных некондиционных клубней картофеля.

Ключевые слова: клубень картофеля, дефект, сортировка, некондиционный, база данных.

V. V. Goldyban, head of laboratory,
M. I. Kurylovich, Junior Researcher.

*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»
Minsk, Republic of Belarus
e-mail: labpotato@mail.ru*

CREATING A DATABASE OF NON-CONDITIONAL CLUB POTATOES FOR AUTOMATIC INSPECTION MACHINES

The article analyzes the external defects of club potato, discusses the main requirements that developed systems for identifying and inspecting non-conditional club potato must meet, describes the methodology for creating a database of non-conditional club potato.

Keywords: club potato, defect, sorting, non-conditional, database.

Введение

Картофель является важной частью продовольственного обеспечения в большинстве стран мира, и самым большим фактором его рыночной цены является внешний вид. Визуальный осмотр продукта необходим для удаления поврежденных клубней. Выбор клубня обычно выполняется вручную и происходит в поле во время сбора урожая либо во время сортировки на складе. Кроме того, качество продукции после ручной переборки напрямую зависит от физиологического состояния обслуживающего персонала, степени его обученности, уровня освещенности и запыленности на рабочем месте, продолжительности рабочей смены. Ручная сортировка всегда характеризуется субъективностью, утомляемостью и высокой стоимостью работников.

Использование систем технического зрения и автоматической инспекции для идентификации и отделения некондиционных клубней картофеля из общего вороха позволит улучшить результаты проверки и повысить производительность сортировки.

Основная часть

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» в рамках задания 4.29 «Разработать систему идентификации и отделения некондиционных клубней картофеля из общего вороха на основе технического зрения и автоматической инспекции» проводятся исследования по созданию оптической сортировальной машины для отделения на стадии предпродажной доработки некондиционных клубней картофеля.

В основу работы оптического сортировщика положено распознавание некондиционных клубней и выделение их из общего потока механическими или пневматическими устройствами.

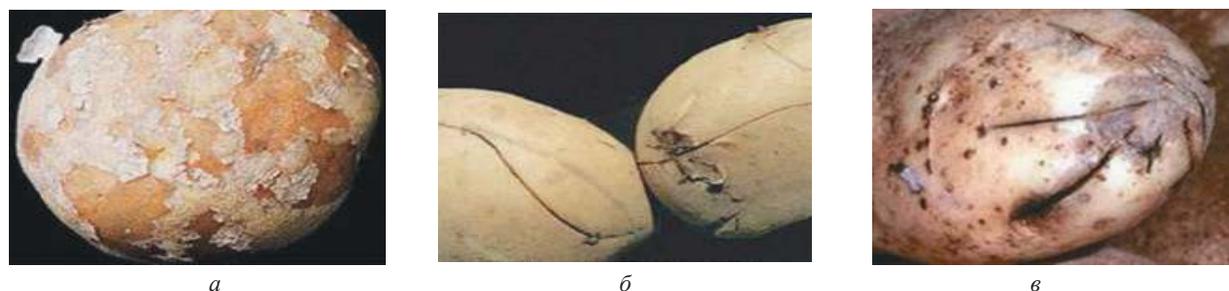
С этой целью нами проводится работа по созданию базы данных некондиционных клубней картофеля, которые удовлетворены требованием ГОСТ 26832-86 [1], ГОСТ Р 51808-2013 (ЕЭК ООН FFV-52:2010) [2]. В качестве некондиционных нами рассматривались клубни со следующими дефектами:

1. Клубни с механическими повреждениями глубиной более 3 мм и длиной более 10 мм (порезы, вырывы, трещины, вмятины) – их наличие в отсортированной массе допускается не более 2%.
2. Раздавленные клубни, половинки и части клубней.
3. Клубни, поражённые болезнями:
 - железистой пятнистостью (их наличие вообще не допускается);
 - паршой и ооспорозом при поражении свыше $\frac{1}{4}$ поверхности клубня;
 - мокрой, сухой, пуговичной, кольцевой гнилью и фитофторой;
4. Клубни, повреждённые сельскохозяйственными вредителями в том числе грызунами.
5. Клубни подмороженные, запаренные с признаками «удушья», позеленевшие (допускается лёгкий зелёный налёт, не превышающий одной восьмой площади поверхности, который может быть удалён при обычной очистке).
6. Клубни с ростками, превышающими 3 мм.
7. Клубни с израстаниями и наростами.

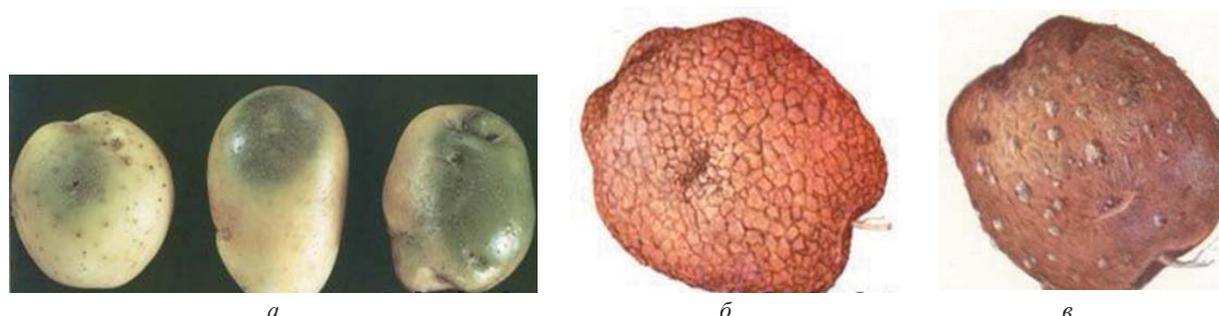
Проанализировав внешние дефекты клубней картофеля, которые должны быть выделены оптической системой распознавания и отнесены к группе некондиционных, можно подразделить их на механические, физиологические, микробиологические и повреждения сельскохозяйственными вредителями.

Механические дефекты – возникают в процессе уборки, транспортировки, переборки картофеля, а также различных типов повреждений, сопровождающихся нарушением целостности клубней, что способствует проникновению и развитию в клубнях многих возбудителей болезней (потертости, помятости, царапины, нажимы, градобоины, проколы, порезы, трещины, поломки, оголенность поверхности, раздавленные единицы).

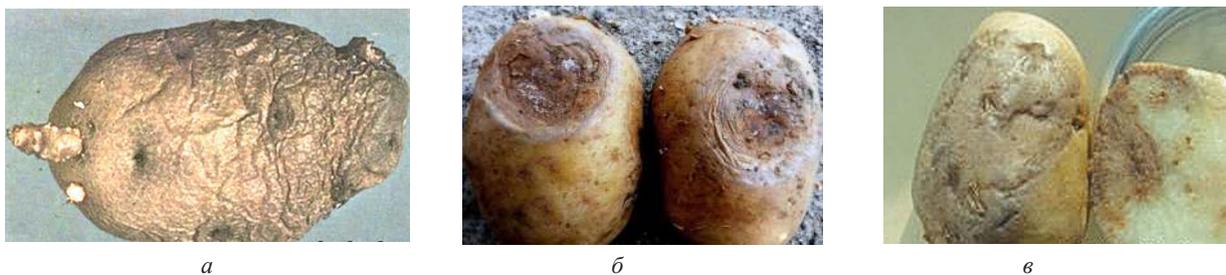
Физиологические дефекты – нарушение условий хранения и транспортирования, избыточное количество влаги и углекислого газа, недостаток кислорода, слишком высокая или низкая температура и др. (загар, сетка на поверхности плода, признаки увядания, подкожная пятнистость,



a *б* *в*
a – потертости; *б* – трещины; *в* – порезы
Рисунок 1. – Механические дефекты



a *б* *в*
a – позеленение; *б* – растрескивание; *в* – удушье.
Рисунок 2. – Физиологические дефекты



а – фузариозная сухая гниль; *б* – фомоз; *в* – альтернариоз
Рисунок 3. – Микробиологические дефекты



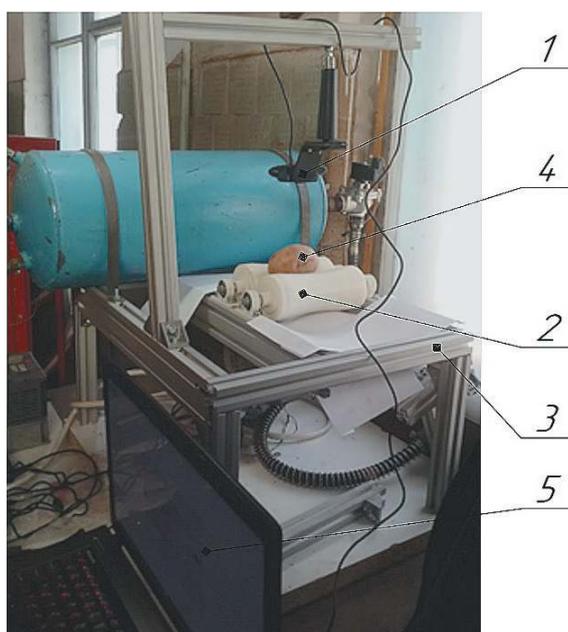
Рисунок 4. – Повреждения сельскохозяйственными вредителями

позеленение, прорастание, подморозка, запаривание, точечный некроз, удушье, туманность, пухлость, растрескивание и прочее).

Микробиологические дефекты – клубни картофеля пораженные болезнями (альтернариоз, фомоз, ризоктониоз, фузариозная сухая гниль, резиновая гниль, серая пятнистость).

Повреждения сельскохозяйственными вредителями – поражают клубни во время роста, а некоторые во время хранения (личинки жуков, грызуны и др).

Для создания электронной базы данных некондиционных клубней картофеля изготовлена установка, внешний вид которой представлен на рисунке 5. Методика создания базы данных заключалась в следующем. Исследованный клубень, визуально идентифицированный как некондиционный, помещается на вращающиеся вальцы. С помощью фотокамеры, расположенной над



1 – видеокамера; 2 – вращающиеся вальцы; 3 – рама установки; 4 – исследуемый клубень картофеля; 5 – ноутбук

Рисунок 5. – Экспериментальная установка

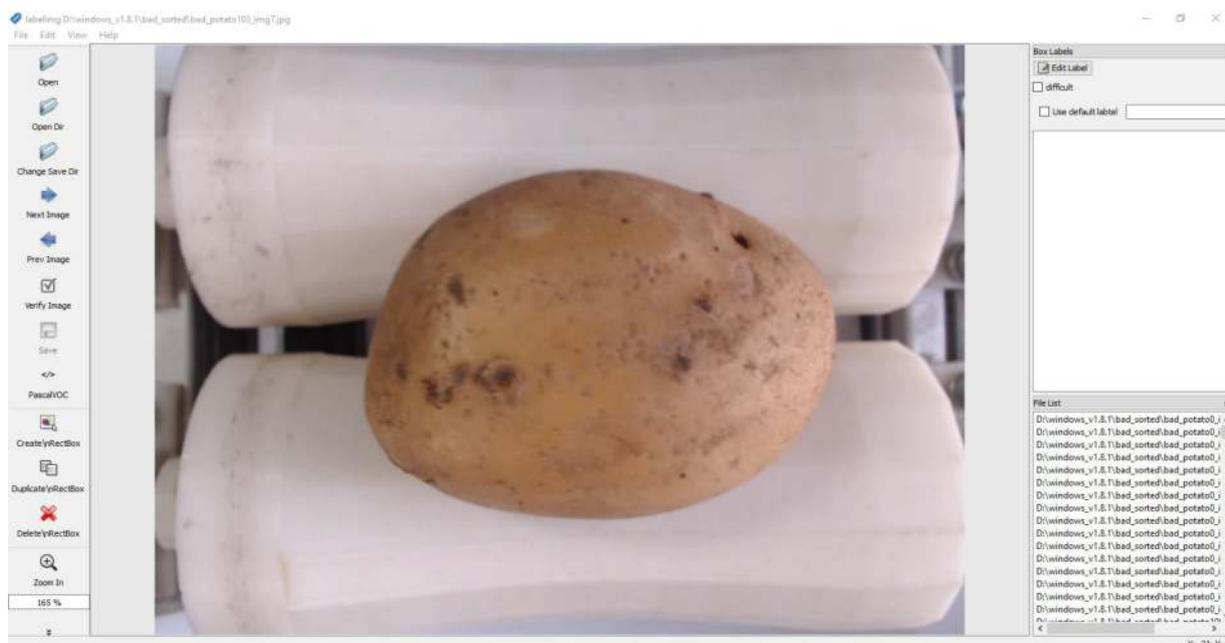


Рисунок 6. – Общий вид интерфейса программы для создания электронной базы данных некондиционных клубней картофеля

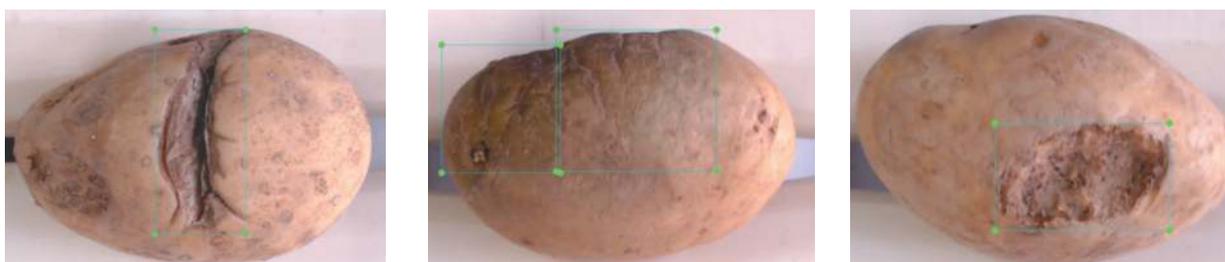


Рисунок 7. – Обработанные изображения

вальцами, и посредством специальной программы делалось со всех сторон 15 снимков каждого клубня картофеля с интервалом между фотографиями 0,4 с. После чего снимки сохранялись в отдельную папку. Время обработки одного клубня в среднем составляло 40 с.

Далее с помощью еще одной специально разработанной программы велась обработка изображений по выделению дефектных областей (рисунок 6).

В ходе работы с программой указывали путь к папке с некондиционными клубнями картофеля (Open Dir) и папку сохранения обработанных изображений (Change Save Dir). При помощи инструмента Create/RectBox выделяли каждый дефект отдельно прямоугольником и из списка выбирали название нужного дефекта (рисунок 7).

Общий объем обработанных клубней составил порядка 7000 фотографий.

Заключение

Созданная база данных некондиционных клубней картофеля послужит основой для создания автоматических сортировальных машин и позволит свести затраты ручного труда на сортирование картофеля к минимуму.

Литература

1. Картофель свежий для переработки на продукты питания. Технические условия : ГОСТ 26832-86–2010. – Введ. 06.01. 1987. – Москва : Стандартинформ, 2010. – 5 с.
2. Картофель продовольственный. Технические условия : ГОСТ Р 51808-2013. – Введ. 07.01.2014. – Москва : Стандартинформ, 2013. – 13 с.

И. М. Лабоцкий, к. т. н., Л. И. Трофимович

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь,
e-mail: labkormov@mail.ru*

УСТРОЙСТВО ДЛЯ УСКОРЕНИЯ СУШКИ СКОШЕННЫХ ТРАВ

В статье представлено описание конструкции и рабочего процесса устройства для подбора и повторного плющения скошенных трав.

Ключевые слова: травы, заготовка сена, подбор и плющение растительной массы, подборщик, вальцовый плющильный аппарат, сушка сена.

I. M. Labotsky, L. I. Trofimovich

*RUE "SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization",
Minsk, Republic of Belarus,
e-mail: labkormov@mail.ru*

DEVICE FOR ACCELERATION DRYING BALDED HERBS

The article describes the design and working process of the device for the selection and re-flattening of mowed grass.

Keywords: grasses, hay harvesting, selection and trimming of plant mass, pick-up, roller flattening machine, hay drying.

Введение

Для полноценного кормления крупного рогатого скота в Беларуси убирают на сено и сенаж естественные, сеянные бобовые и злаковые травы, травосмеси. Особенность уборки заключается в необходимости ее проведения в сжатые сроки, определяемые биологическими свойствами растений, достигающих и сохраняющих максимальную питательную ценность в непродолжительной (10-15 дней) фазе вегетации (бобовые – бутонизация, злаковые – колошение). Запоздывание с уборкой или ее затягивание ведет к снижению качества кормов, повышению потерь и уменьшению выхода питательных веществ с единицы площади. В конечном итоге, возрастают затраты на производство продукции животноводства.

Лимитирующим фактором, определяющим темпы заготовки и качество травяных кормов, является продолжительность полевой сушки скошенной массы до кондиционной влажности. Неустойчивые погодные условия, характерные для республики в период сенокоса, усложняют задачу получения качественного корма. Экспериментально установлены и подтверждены на практике зависимости потерь и снижение качества травяных кормов от продолжительности сушки трав, которые могут достичь 50% [1–4].

Основная часть

Известен ряд технологических приемов, позволяющий ускорить процесс полевой сушки трав и снизить потери. Так для ускорения сушки проводят кондиционирование или плющение трав. Сушка трав обработанных кондиционером или плющильным аппаратом в первые 3–4 часа идет с наибольшей скоростью и далее процесс постепенно замедляется, а через 8÷10 часов обработанная травяная масса сохнет, как и необработанная. Снижение скорости сушки объясняется тем, что выходу влаги из внутренней части растений препятствует образующаяся на разрывах, надломах растений пленка скогулированного белка (протеина). Для ускорения сушки требу-

ется разрушение этой пленки, путем повторного плющения и оборачивания скошенных трав. При повторном плющении стеблей увеличивается и восстанавливается поверхность испарения, что способствует ускорению поступления влаги из центра к поверхности стебля и благоприятно влияет на ход сушки. Для этого компания «AG SHIELD MSg» (Канада) создала и выпускает рекондиционеры («RECON 300» и «RECON 400»), которые обеспечивают подбор, повторное плющение и оборачивание валков скошенных трав [5]. Подбор и повторное расплющивание стеблей трав выполняют плющильные металлические вальцы, а установленные на раме машины сместители-дефлекторы перемещают обработанный рекондиционером валок в сторону и укладывают его на сухое место. Многолетний опыт работы машин в Канаде, США, Австралии показал, что переворачивание валков после повторного плющения значительно ускоряет время сушки трав в поле. Аналогичную функцию выполняет сеноворошилка «ELHO» (Финляндия). Она оснащена кондиционером с металлическими пружинными пальцами, позволяющими повторно обрабатывать растительную массу и формировать более вспушенный легко продуваемый валок, что способствует интенсификации сушки трав в поле. По данным фирм, повторное плющение бобовых трав способствует ускорению процесса сушки в 1,3–1,5 раза, уменьшает потери сухого вещества в 1,5–2,0 раза, сырого протеина в 3–4 раза, каротина в 2–4 раза, по сравнению с сушкой без такой обработки [6,7].

Для изучения эффективности повторного плющения нами разработан макетный образец устройства для подбора, повторного плющения и оборачивания валков скошенных трав. Устройство (рисунок 1) состоит: из рамы с прицепным устройством и колесным ходом 1, на которой смонтирован подбирающий механизм 2 с опорными колесами 3, плющильный аппарат 4 с валкообразователем 5, а также общий механизм привода устройства 6. Плющильный аппарат содержит вращающиеся с разными скоростями вальцы 7 и 8, которые изготовлены с чередующимися кольцевыми выступами и впадинами, при этом выступы одного вальца входят во впадины другого. На поверхностях кольцевых выступов и впадинах выполнена насечка.

Устройство работает следующим образом. При движении трактора с устройством над валком скошенных трав, подбирающий механизм 2 переводят в рабочее положение, при этом колеса 3 опираются на почву. От трактора посредством механизма привода 6 приводится в действие подбирающий механизм, который поднимает и подает валок скошенной травы в зазор между вращающимися плющильными вальцами 7 и 8. В зазоре между вальцами валок скошенной травы подвергается повторному плющению и валкообразователем перемещается в сторону и укладывается на новое (сухое) место. Благодаря оснащению устройства вальцами с кольцевыми выступами и впадинами, выполненными с насечкой на их поверхностях, существенно увеличивается длина рабочей поверхности вальцов, и улучшаются условия захвата травяной массы, чем достигается повышение пропускной способности плющильного аппарата. Кроме того, поступающий на плющение валок травы обрабатывается рабочими поверхностями кольцевых выступов и впадин, движущимися (вращающимися) относительно растений с разными по величине скоростями, при этом насечкой соскабливается со стеблей поверхностный защитный слой, происходит разрыв стеблей, что улучшает влагоотдачу и увеличивает скорость сушки трав.

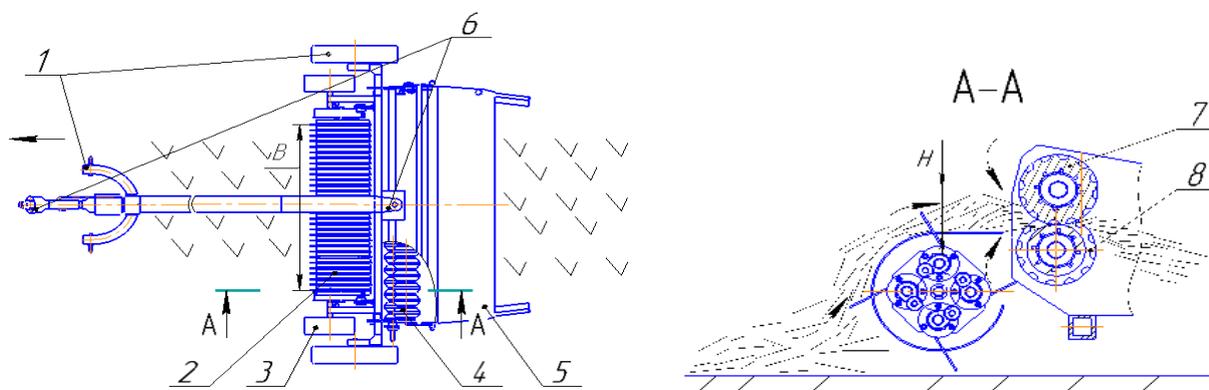


Рисунок 1. – Устройство для повторного плющения и вспушивания скошенных трав

Заклучение

Установлено, что повторное плющение и впусивание валков скошенных трав позволяет сократить продолжительность сушки валков сена на 6 часов, в сравнении с необработанными валками, кроме того содержание протеина в сене необработанных валков снизилось на 2,5%, в обработанных валках на 1,7%.

При повторном плющении стеблей увеличивается площадь испарения, что способствует интенсификации процесса поступления влаги из центра к поверхности стебля и благоприятно влияет на ход сушки. Такое плющение бобовых трав способствует ускорению процесса сушки на 15–20%, уменьшает потери протеина на 10–15%, по сравнению с сушкой без обработки.

Литература

1. Борисенко Е. И. Эффективность заготовки и использования сенажа / Е. И. Борисенко, А. А. Маток. – Минск, 1975. – С. 5.
2. Савченко Г. Ф. Силосный конвейер / Г. Ф. Савченко. – Москва, 1977. – С. 3.
3. Бойко И. И. Консервирование кормов / И.И. Бойко. – Москва, 1980. – С. 27–36.
4. Хехрин С. Н. / Корма и кормление животных. СПб.: Лань, 2002. – С. 512.
5. Кокунова, М. В. Технические средства для интенсификации процесса сушки трав в поле / Кокунова И. В., Стречень М. В., Титенкова О. С. // Известия Великолукской ГСХА. – Великие Луки, 2013. – № 1. – С. 20–30.
6. Проспект фирмы «ELHO». – 2015.
7. Проспект фирмы «AG SHIELD MSg». – 2012.

УДК 631.362.34:633.491

Поступила в редакцию 12.08.2019
Received 12.08.2019

В. В. Голдыбан, к. т. н., А. А. Игнатчик, начальник отдела

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь,
e-mail: goldyban@mail.ru, ignatchik2010@yandex.ru*

К РАЗРАБОТКЕ СЕПАРАТОРА ДЛЯ ОТДЕЛЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ ОТ КОМКОВ ПОЧВЫ И КАМНЕЙ

В статье рассмотрены и проанализированы основные методы отделения камней и комков почвы от клубней картофеля, а также предложена перспективная принципиальная схема механического сепаратора картофельного вороха.

Ключевые слова: картофельный ворох, клубни, камни, комки почвы, почвенные примеси, сепаратор, коэффициент восстановления, коэффициент мгновенного трения.

V. V. Haldyban, A. A. Ihnatchyk

*RUE “SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization”,
Minsk, Republic of Belarus,
e-mail: goldyban@mail.ru, ignatchik2010@yandex.ru*

TO THE DEVELOPMENT OF A SEPARATOR FOR THE SEPARATION OF POTATOES FROM SOIL LUMPS AND STONES

The article describes and analyzes the main methods of separation of stones and lumps of soil from potato tubers, and also proposes a schematic diagram of the mechanical separator of potato heap.

Keywords: potato heap, tubers, stones, soil lumps, soil impurities, separator, coefficient of recovery, coefficient of instantaneous friction.

Введение

Широкое применение средств механизации в картофелеводстве ставит задачи снижения и предупреждения повреждений клубней. С увеличением повреждений снижается качество клубней, и растут их суммарные потери. Существенно снижает качество клубней каменистость поля и образование комьев земли за счёт наносимых ими повреждений при уборке и послеуборочной обработке. Кроме того, каменистость поля повышает износ техники, а также затраты на уборку и переработку. Посадка поврежденными клубнями может снизить урожайность картофеля на 30%. В Республике Беларусь, среди пахотных земель сельскохозяйственных предприятий, каменистые почвы занимают 506 тыс. га, что составляет 9,9% от общей площади пашни.

Мелкие почвенные примеси выделяют из основного вороха на уборочной технике при помощи пальчатых горок. Сложнее обстоит дело с комками и камнями, размер и масса которых, сопоставимы с размерами клубней.

Исследования и разработка средств механизации для отделения комков почвы и камней из картофельного вороха осуществляются ведущими мировыми разработчиками техник для возделывания картофеля AVR CSKS (Бельгия), Bijlsma Hercules (Нидерланды), Herbert Solutions (Англия).

Основная часть

В последние годы в хозяйствах Германии и других странах Западной и Центральной Европы, производящих товарный картофель для свежего потребления и для переработки, внедряется технология сепарации гряд или очистка гребней от камней и комьев с выкладыванием их в борозды. Примеси от почвы отделяются машинами-сепараторами с помощью звёздчатых катков (пайлеров) или прутковых конвейеров. Крупные камни собираются в специальный бункер, а камни, комья и органические примеси меньшего размера с помощью поперечного ленточного транспортёра складываются в борозды между двумя грядами [1]. Дополнительные затраты по этой технологии, в сравнении с традиционной, составляют в Германии около 75...100 евро/га. Данная технология, в силу своей дороговизны, в нашей стране нашла лишь ограниченное применение. Всего, в Республике Беларусь, закуплено и работает около 20 камнесепараторов.

На прошедшей в Германии выставке «Potato Europe 2018», компанией Tomra, демонстрировались машины для отделения от картофельного вороха камней, комков почвы и других примесей, в основу работы которых положена концепция интеллектуального анализа данных, согласно которой полученные с видеокамер изображения компонентов картофельного вороха обрабатываются и формируются в образ с последующим распознаванием и выдачей сигнала исполнительному устройству. Отделение камней и комков почвы из общего вороха осуществляется посредством механических клапанов. После распознавания нужного для сортировки компонента, на блок пневмоклапанов подается управляющий сигнал, через расчетное время, в момент прохождения компонента вороха возле соответствующего клапана, он открывается и «отстреливает» клубень, выделяя его из общего потока. Неотстреленные клубни идут дальше по технологической цепочке.

На этой же выставке, компанией Tolsma, демонстрировалась сортировальная машина серии TG Samgo, позволяющая отделять комки почвы и камни от клубней картофеля по их магнитной проницаемости. Из-за высокой стоимости технология сортировки картофеля с помощью систем машинного зрения внедрена в Беларуси только в СПК «Гигант» Бобруйского района.

Для отделения камней от клубней картофеля с использованием разницы в плотности ГП «Экспериментальный завод» РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» выпускает водный сепаратор корнеплодов МОК-10 (рисунок 1). Данная машина эффективно применяется в технологических линиях для подготовки картофеля к продаже, которые включают в себя также машины мойки, полировки, весового дозирования и упаковки корнеплодов. Также применение данного сепаратора позволяет частично решать проблему использования мелкого картофеля. Дело в том, что приёмные бункера, применяемые в современных технологических линиях, позволяют частично отделять почвенные примеси, которые поступают с поля вместе

с картофельным ворохом. Отделение в данном случае проходит либо с помощью пруткового конвейера, либо с помощью выставления минимального зазора между вальцами встроенного в приёмный бункер сепаратора. Мелкий картофель проходит в зазор между вальцами (либо прутками конвейера) вместе с почвенными примесями и на практике чаще всего выбрасывается. С помощью водного сепаратора корнеплодов МОК-10 мелкий картофель может быть отделён и сдан на крахмальный завод. Проблема заключается в том, что эта машина может быть использована только непосредственно перед реализацией картофеля. Картофель, побывавший в воде, требует дополнительной подсушки и применения химических средств для обеззараживания и повышения лёжкости при хранении. В связи с этим клубни картофеля, отделённые с помощью данной машины, пригодны для реализации, но не для длительного хранения.

Отечественной промышленностью выпускаются инспекционные столы СПР-10 (ГП «Экспериментальный завод» РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»), на которых распознавание компонентов вороха производится персоналом визуально, а отбор комков и клубней – вручную (рисунок 2).

Применение ручного труда для инспекции и сортировки картофельного вороха при послеборочной обработке не является проблемой, характерной исключительно для Республики Беларусь. Даже в случае применения импортных технологических линий, поставленными в хозяйства признанными мировыми лидерами в производстве оборудования, как правило, в линии всегда присутствуют ленточные либо роликовые переборочные столы (рисунок 3). Например, компания *Vijlsma Hercules* (Нидерланды) для комплектования технологических линий собственного производства предлагает достаточно большой ассортимент ленточных инспекционных конвейеров [2].

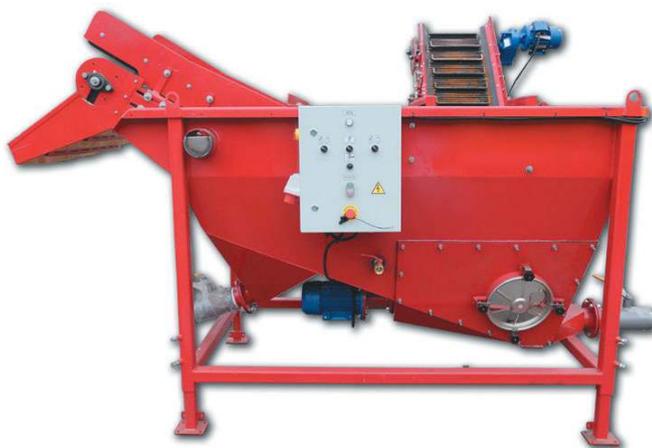


Рисунок 1. – Машина отделения камней МОК-10



Рисунок 2. – Инспекционный стол СПР-10



Рисунок 3. – Ленточные инспекционные столы

Ручная инспекция – это единственное место в технологической линии, где применяется ручной труд. Трудозатраты на ручной сортировке составляют порядка 0,4-0,6 чел.- ч/т, время, необходимое человеку для осмотра одного клубня, составляет порядка 0,45 с, этого, как показывает практика, недостаточно для эффективной работы сортировочных линий с производительностью 10-15 т/ч. В результате чего общая производительность снижается с 12 т/ч до 4-5 т/ч, что соответствующим образом сказывается на её экономической эффективности. На практике, увеличение общей производительности технологической линии с ручной сортировкой свыше 6 т/ч, приводит к существенному снижению качественных показателей процесса, т.к. переборщики не успевают эффективно распознавать и отбирать камни и комки почвы. Кроме того, качество продукции после ручной переборки напрямую зависит от физиологического состояния обслуживающего персонала, степени его обученности, уровня освещённости, запылённости на рабочем месте и продолжительности рабочей смены, а также других факторов.

Проанализировав все вышеизложенные методы отделения камней и комков почвы от клубней картофеля, можно сделать вывод о необходимости разработки механического сепаратора (отделителя камней и комков от картофельного вороха), простого по конструкции и с относительно невысокой себестоимостью изготовления, который сможет обеспечить отделение камней и комков почвы с высокой степенью точности, а также будет лишён недостатков существующих способов сепарации.

Для отделения клубней картофеля от камней и комков почвы на стадии послеуборочной доработки предлагается использовать различие их упругих свойств. Наиболее подходящим решением, с технической точки зрения, является сбрасывание компонентов вороха с основного

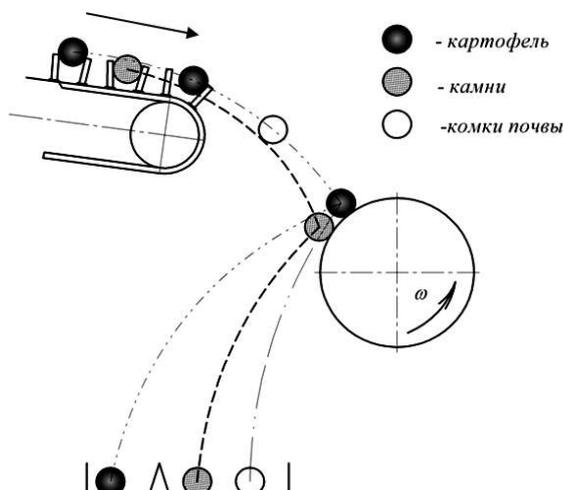


Рисунок 4. – Принципиальная схема механического сепаратора картофельного вороха

элеватора на вращающийся цилиндр большой массы. Клубни при ходе с основного элеватора, попадая на вращающийся барабан, благодаря большей эластичности своей поверхности, отскакивают от барабана дальше, чем камни и комки почвы.

Так как траектория движения каждого элемента вороха после столкновения с барабаном будет зависеть от коэффициента восстановления, свойственного только этому компоненту (группе компонентов), а также от коэффициента мгновенного трения между элементом и поверхностью барабана, то данный тип механического сепаратора можно с уверенностью назвать отражающе-фрикционным сепаратором.

Выводы

Существующие методы отделения камней и комков почвы от картофельного вороха имеют ряд минусов: высокая себестоимость машин, работающих на основе принципа технического зрения; небольшие сроки хранения продукта после обработки на водных сепараторах корнеплодов типа МОК-10; наличие ручного труда в технологической линии послеуборочной обработки корнеплодов.

Необходимо разработать механический сепаратор (отделитель камней и комков от картофельного вороха), простой по конструкции и с относительно невысокой себестоимостью изготовления, который сможет обеспечить отделение камней и комков почвы с высокой степенью точности, а также будет лишён недостатков существующих способов сепарации.

При разработке сепаратора предлагается использовать различие упругих свойств картофеля, камней и комков почвы. Наиболее подходящим решением с технической точки зрения является, сбрасывание компонентов вороха с основного элеватора на вращающийся цилиндр большой массы.

Отражающе-фрикционный сепаратор картофельного вороха – это механическое устройство, предназначенное для отделения камней и комков почвы от клубней картофеля, в основу работы которого положено различие упругих свойств данных компонентов картофельного вороха.

Литература

1. Устройство и работа сажалки револьверного типа СГР-1 для посадки оригинальных семян картофеля и топинамбура / В. В. Голдыбан, А. С. Воробей, И. А. Барановский // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2016. – № 50. – С. 22–26.
2. Официальный сайт компании Bijlsma Hercules [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.bijlsmahercules.nl/products/crop-handling-technology/rollenleestafels/37/inspection-conveyor-lb?!=6>. – Дата доступа : 28.07.2019.

УДК 631.42

Поступила в редакцию 12.08.2019
Received 12.08.2019

В. К. Клыбик, к. т. н., доц., **М. И. Новиков**, м. н. с.

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь,
e-mail: labts@mail.ru*

СУЩЕСТВУЮЩИЕ СХЕМЫ ОТБОРА ПРОБ ПОЧВЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ АГРОХИМИЧЕСКОМ ОБСЛЕДОВАНИИ ПОЛЕЙ

Рассмотрены существующие схемы проведения пробоотбора почвы, обеспечивающие получение достоверных данных о вариабельности питательных веществ на поле.

Ключевые слова: пробоотбор почвы, сеточная схема, зональная схема, комбинированная схема, сплошной пробоотбор, выборочный пробоотбор.

V. K. Klybik, PhD in Engineering sciences, Assoc. Prof.,
M. I. Novikov, junior researcher

RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»,
Minsk, Republic of Belarus,
e-mail: labts@mail.ru

THE EXISTING SCHEMES OF SOIL SAMPLING USED IN THE AGROCHEMICAL EXAMINATION OF FIELDS

Existing soil sampling schemes that provide reliable data on the variability of nutrients in the field are considered.

Keywords: soil sampling, grid scheme, zone scheme, combine scheme, composite sampling, point sampling.

Этап пробоотбора в агрохимическом обследовании полей является одной из наиболее ответственных составляющих. Ошибки, допущенные при обследовании и анализе проб, приводят к получению неверных данных, и, как результат, – принятию неверных управленческих решений.

Особое внимание в проведении пробоотбора почвы уделяется репрезентативности объединенной пробы. В общем случае репрезентативность обеспечивается большим числом проб с единицы площади и равномерности их распределения по площади. Чем более неоднородна изучаемая территория, тем плотнее должна быть сетка пробоотбора.

В Республике Беларусь основным является сплошной пробоотбор, когда единичные пробы равномерно отбирают со всей площади элементарного участка, и каждый участок характеризуется объединенной пробой, состоящей из определенного количества единичных. За рубежом широко используются как сплошной, так и выборочный пробоотборы (англ. «point sampling») – единичные пробы, отбирающиеся с пробных площадок, которые выделяют в границах элементарного участка. В дальнейшем полученные на них данные интерпретируются на всю территорию участка.

При сплошном пробоотборе почв для агрохимического анализа традиционно используется сеточная схема. На картографическую основу (план землепользования сельскохозяйственного предприятия) наносят сетку элементарных участков установленного размера. В общем виде сеточная схема представлена на рисунке 1.

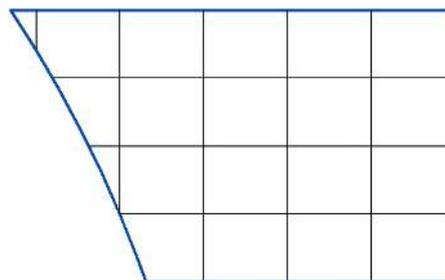


Рисунок 1. – Сеточная схема пробоотбора

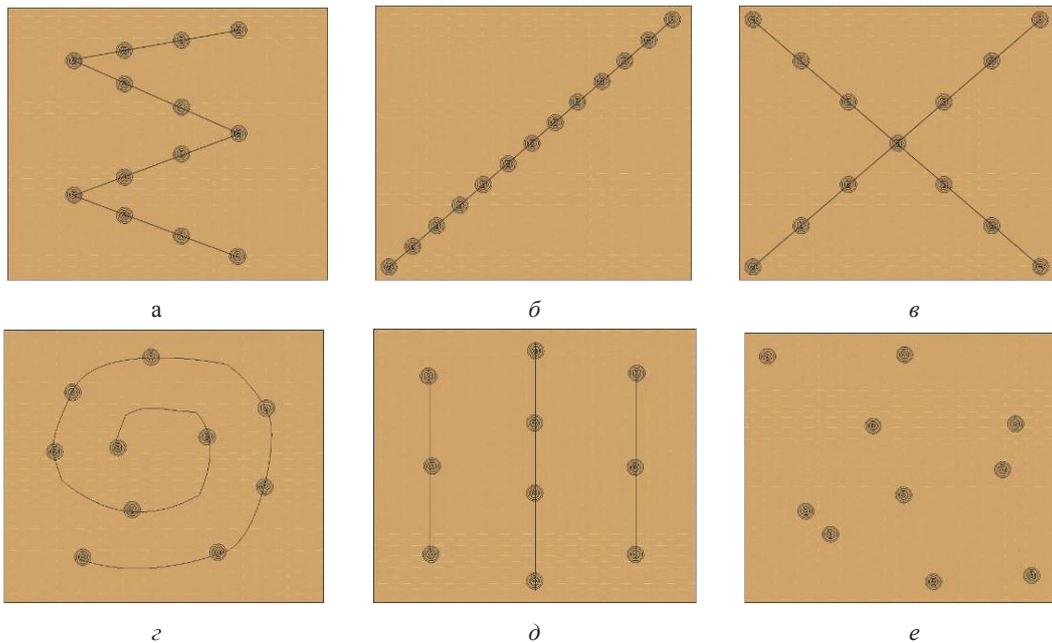
Согласно нормативно-технической документации, действующей в Республике Беларусь, форма элементарного участка, по возможности, должна приближаться к прямоугольной и с отношением сторон не более 1:2 [1]. В то же время за рубежом больше практикуется квадратная форма элементарного участка.

При сплошном обследовании на незэродированных и слабо эродированных почвах, маршрутный ход пробоотборника принято прокладывать посередине элементарного участка, вдоль его длинной стороны [1]. На средне- и сильноэродированных почвах, расположенных на склоне длиннее 200 м, маршрутные ходы прокладывают вдоль склона, на более коротких – поперек склона. Существуют также и другие виды маршрутных ходов (рисунок 2).

Сеточная схема применима также и для выборочного пробоотбора, проведение которого сопряжено с выбором точки размещения пробной площадки. Различают выборочный пробоотбор с размещением выборочной площадки по центру элементарного участка, со смещением и размещение случайным образом (рисунок 3).

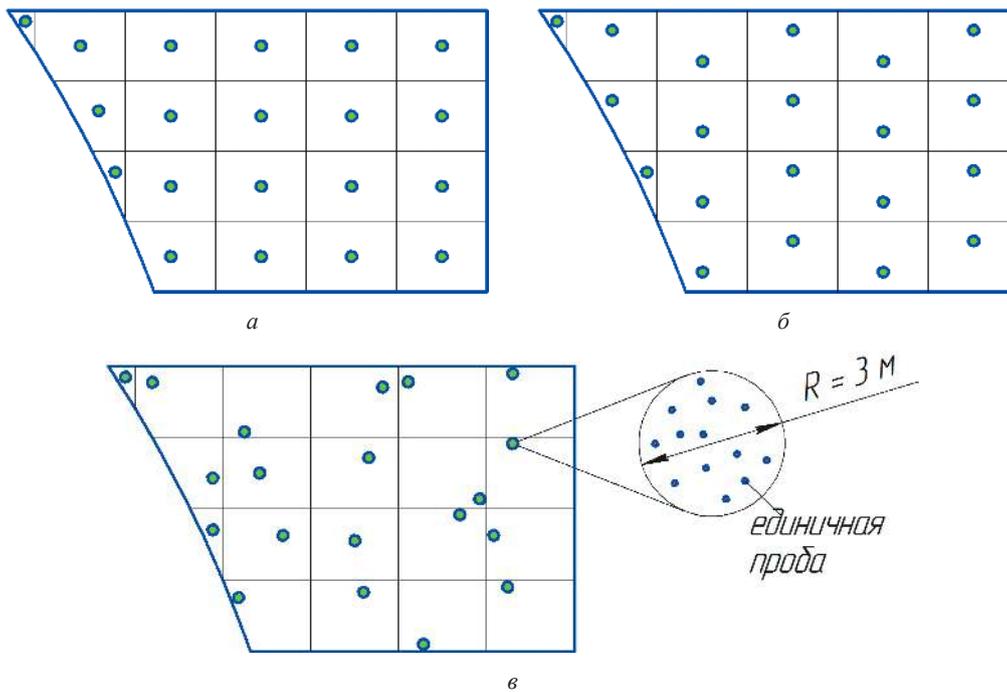
Представленные схемы размещения пробных площадок по центру и со смещением при построении интерполированных картограмм покажут близкие друг к другу результаты. При использовании схемы размещения пробных площадок случайным образом, полученные картограммы будут нерепрезентативны.

Помимо традиционной сеточной схемы существует также и зональная схема проведения отбора проб почвы – метод пробоотбора, основанный на информации, собранной с использованием



a – зигзагообразный; *б* – по диагонали; *в* – крест-накрест; *г* – спиральный; *д* – линии;
е – случайное расположение точек пробоотбора

Рисунок 2. – Виды маршрутных ходов для сплошного обследования



a – по центру участка; *б* – со смещением; *в* – случайным образом

Рисунок 3. – Размещение выборочной площадки в границах элементарного участка

технологий «точного земледелия» (почвенные карты, картограммы урожайности, картограммы электропроводности, рельеф поля, результаты анализа данных дистанционного зондирования земли, агрохимического анализа предыдущих лет и др. [2, 3]).

Зональный пробоотбор позволяет уменьшить количество проб и затраты на пробоотбор при сохранении приемлемой точности картограмм наличия питательных веществ. Конкретные критерии, используемые для определения зон, варьируются в зависимости от доступных инструментов, их стоимости и от того как они адаптируются к конкретным условиям региона или области.

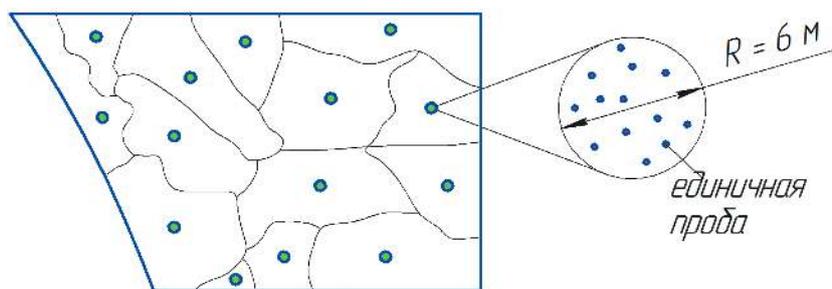


Рисунок 4. – Зональная схема пробоотбора

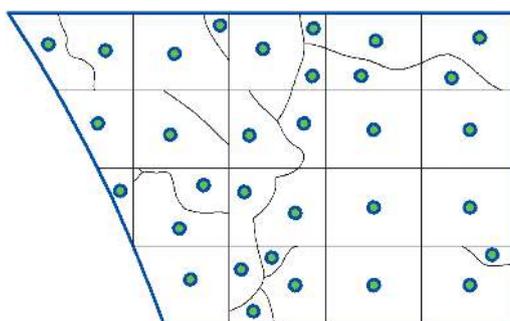


Рисунок 5. – Комбинированная схема пробоотбора

В общем виде зональная схема представлена на рисунке 4.

Стоит отметить, что размер выборочной площадки относительно сеточной рекомендуется увеличить вдвое, однако при достаточно крупных зонах требуется установить дополнительные пробные площадки в этих зонах [4].

Помимо представленного на рисунке 4 выборочного подхода в пробоотборе по зональной схеме возможно проведение и сплошного обследования зон. Наиболее подходящим является зигзагообразный маршрутный ход, т.к. он позволяет получить более представительную объединенную пробу почвы.

Третьим вариантом схемы отбора проб почвы является комбинированный метод, включающий зональный метод отбора проб почв и метод сетки. Для этого метода зоны создаются с использованием различных источников данных (как описано выше). Эти зоны используются в качестве базовой карты, а сетка накладывается на эту базовую карту. Пример комбинированной схемы пробоотбора представлен на рисунке 5.

При использовании данной схемы возрастает количество обследуемых участков практически вдвое, что увеличивает трудоемкость и стоимость работ.

Определение значений вариабельности питательных веществ в переходных зонах при выборочном обследовании участков осуществляется интерполированием результатов, что позволяет получить более точное представление об изменчивости показателей картограммы.

Рассмотренные схемы показывают возможность выбора подходящей схемы проведения пробоотбора почвы в зависимости от поставленной задачи. Использование традиционной сеточной схемы пробоотбора позволяет получать картограммы с высокой достоверностью, однако требует значительных трудозатрат. В то же время зональная схема пробоотбора позволяет сократить трудозатраты за счёт анализа дополнительной атрибутивной информации, полученной с использованием технологии «точного земледелия». Для получения точных данных о вариабельности питательных веществ с учетом дополнительного параметра (тип почвы, электропроводность и др.) следует использовать комбинированную схему пробоотбора.

Литература

1. Почвы. Отбор проб. ГОСТ 28168-89 – Введ. 01.04.1990. – Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1992. – 8 с.

2. Gelderman, R., J. Gerwing, and K. Reitsma. 2006. "Recommended Soil Sampling Methods for South Dakota." College of Agriculture and Biological Life Sciences, South Dakota State University.
3. Thompson, A. N., J. N. Shaw, P. L. Mask, J. T. Touchton, and D. Rickman. 2004. Soil Sampling Techniques for Alabama, USA Grain Fields. Precision Agriculture 5 (4): 345–358.
4. Midwest laboratory Soil sampling methods / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://midwestlabs.com/wp-content/uploads/2017/01/soil_sampling.pdf – Дата доступа: 16.07.2019

УДК 677.021.055

Поступила в редакции 03.09.2019
Received 03.09.2019

В. И. Передня, д. т. н., профессор., **Н. Г. Бакач**, к. т. н., доц.,
Е. Л. Жилич, зав. лабораторией, **А. С. Кувшинов**, научный сотрудник

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь,
e-mail: zhilich1987@mail.ru*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВА, СПОСОБСТВУЮЩЕГО СОХРАНЕНИЮ КАЧЕСТВА КОРМОВ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ МОБИЛЬНЫХ СМЕСИТЕЛЕЙ-РАЗДАТЧИКОВ

В работе раскрываются проблемы очистки грубых стебельчатых кормов от твердых инородных примесей, определены требования, предъявляемые к сепарирующим устройствам, и проведено обоснование рациональной конструктивно-технологической схемы сепарирующего устройства.

Ключевые слова: компоненты кормосмеси, корма, качество кормов, смеситель-раздатчик, мобильные смесители-раздатчики, посторонние предметы.

V. I. Perednaya, Doctor of Technical Sciences, Professor.,
N. G. Bakach, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
E. L. Zhilich, head laboratories, **A. Kuvshinov**, Researcher.

*RUE "SPC NAS of Belarus on agricultural mechanization",
Minsk, Republic of Belarus,
e-mail: zhilich1987@mail.ru*

DETERMINATION OF OPTIMUM DEVICE PARAMETERS, PROMOTING PRESERVATION OF FOOD QUALITY WHEN APPLYING MOBILE DISPLAY MIXERS

In work problems of cleaning of rough pedicellate forages of solid foreign impurity reveal, requirements imposed to the separating devices are defined and justification of the rational constructive and technological scheme of the separating device is carried out

Keywords: components of a kormosmesa, forage, quality of forages, mixer distributor, mobile mixers distributors, foreign objects.

Введение

Ветеринарные статистические данные показывают, что основной экономический ущерб животноводству причиняют незаразные болезни, причем значительный процент (50-70%) падает на болезни кормового происхождения, в основном кормовой травматизм.

В процессе производства молока вследствие травматизма в год выбывает от 3 до 5% дойного стада, из них более половины случаев составляет кормовой травматизм и заболевания, связанные с наличием в кормах механических примесей.

Наибольшую опасность для КРС представляют неметаллические (органические) и металлические примеси размером до 50 мм.

В настоящее время мировой рынок сельскохозяйственной техники насыщен многообразием мобильных смесителей-раздатчиков для приготовления и раздачи кормов.

Однако при этом очень мало внимания уделяется расширению функциональных возможностей машин, направленных на сохранение физико-механических свойств кормосмесей и применению конструктивных элементов, обеспечивающих удаление механических примесей в процессе приготовления и раздачи кормов, тем самым способствующих сохранению качества кормосмесей.

Поэтому задача выделения примесей из грубых стебельчатых кормов при проведении операций кормоприготовления является в настоящее время во многом нерешенной, что подтверждает актуальность темы данной работы.

Основная часть

После сравнения преимуществ и недостатков вышеприведенных устройств, а также физико-механических свойств разделяемых компонентов, разработана установка для отделения инородных твердых примесей от грубых стебельных кормов.

Установка для сепарирования инородных твердых примесей от стебельчатых кормов, приведенная на рисунке 1. Установка состоит из питателя 1, сепаратора 2, устройства подачи воздуха состоящего из вентилятора 3 с трубопроводом 4 и диффузором 5, сепаратора металлических примесей 6 и разгружающего конвейера 7.

В качестве питателя используются смеситель раздатчик кормов СРК-10А, подающий стебельчатый корм в сепаратор. Сепаратор 2, конструкция которого приведена на рисунке 2, состоит из корпуса 1, внутри которого установлены вал 2, на валу 2 установлены диски 3 с расположенными на них ножами 4.



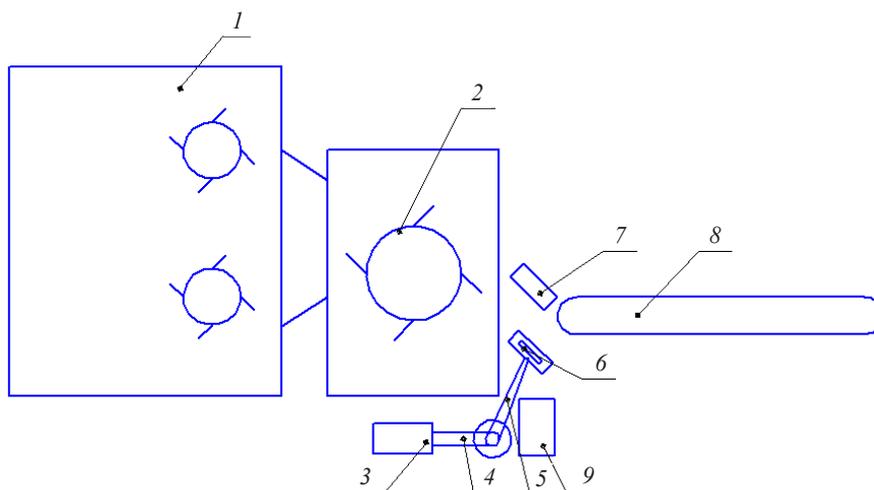
1 – питатель; 2 – сепаратор; 3 – вентилятор; 4 – трубопровод; 5 – диффузор;
6 – улавливатель металлических примесей; 7 – разгружающий конвейер

Рисунок 1. – Конструкция установки сепарирования с питателем стебельчатых кормов



1 – корпус; 2 – вал; 3 – диски; 4 – ножи; 5 – подшипники

Рисунок 2. – Сепаратор



1 – загрузочный транспортер; 2 – дисковый ворошитель; 3 – вентилятор (диффузор); 4 – трубопровод; 5 – диффузор; 6 – сопло; 7 – магнитная пластина; 8 – конвейер выгрузной; 9 – емкость

Рисунок 3. – Конструктивно-технологическая схема сепарирующего устройства

Вся конструкция закреплена в подшипниках 5, установленных на корпус, и вращается электроприводом. Устройство подачи воздуха состоит из вентилятора 3, показанного на рисунке 1, предназначенного для создания воздушного потока с обеспечением заданного давления.

Трубопровод, предназначенный для подачи воздушной массы через диффузор 5 над которым движется стебельчатая масса.

Разгружающий конвейер 7 предназначен для отведения просепарированной массы (рисунок 1). Технологическая схема сепарирующего устройства приведена на рисунке 3.

Установка работает следующим образом. Разделяемые компоненты устройством 1, подаются к ворошилке 2, захватываются вращающимися дисками с ножами, встряхиваются и разрушаются при этом стебельчатый корм, подается в зону действия воздушного потока, создаваемого вентилятором 3, трубопроводом 4, диффузором 5, соплом 6, вверх за счет большой парусности. По мере движения струи вороха стебельчатый корм транспортируется за емкость для сбора примесей 9 и подается на магнитную площадку 7, на которой остаются металлические примеси, изменяет свое направление и подается на разгружающий конвейер 8. Инородные примеси после прохождения зоны воздействия ножей ворошилки 2, падают в емкость 9.

Для определения физико-механических свойств отбор частиц стебельчатого вороха осуществляется на выходе сепарирующего устройства.

Программа и методика экспериментальных исследований

Исследования включили в себя определения размеров сепарируемых частиц, их влажности, плотности, коэффициента трения, скорости витания. Исследования проводили на соломе озимой пшеницы, силоса и сенажа.

Определение размеров частиц проводилось в стационарных условиях общепринятыми приборами. Масса частиц очищенного вороха определялась на электронных весах Штрих-М7Т. Для стебельчатых кормов определяли насыпную плотность, используя тару определенного объема с высотой стенок 0,5 м.

Насыпную плотность определяли по формуле (1):

$$P_H = \frac{m_n}{v_T}, \quad (1)$$

где m_n – масса кормов, кг;
 v_T – объем тары, m^3 .



1 – металлические примеси; 2 – камни

Рисунок 4. – Инородные примеси

Для примесей, показанных на рисунке 4, определяли удельную плотность отдельных частиц. Исследованиям подвергались камни и металлические примеси различной формы и размеров, отобранные при попадании их непосредственно перед загрузкой в сепаратор.

Определение удельной плотности происходило путем замера массы. Порцию стебельчатого вороха для определения влажности отбирали при загрузке сепаратора. Для высушивания образцов применялся сушильный шкаф ШС-150. Влажность массы определялась по общеизвестной формуле:

$$W = \frac{G_B - G_1}{G_0} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где G_B – масса порции до сушки, кг;

G_1 – масса порции после сушки, кг.

При учете показателей трения, созданы одинаковые условия для испытываемых материалов. Для определения аэродинамических свойств разделяемых компонентов исследовали стебельчатый ворох и производили отбор проб для проверки качества стебельчатых кормов. Всю порцию просепарированного корма собирали в один объем и взвешивали на весах.

При проведении испытаний определяли пропускную способность установки (2,72-3,6 т/ч) путем измерения времени выгрузки заданной порции стебельчатого корма.

По полученным результатам определили среднее значение в пробе различных частиц:

$$\bar{a} = \frac{\sum_{i=1}^n g_i}{n}, \quad (3)$$

и дисперсию:

$$\xi^a = \frac{\sum_{i=1}^n (a_i - \bar{a})^2}{n - 1}, \quad (4)$$

где a_i – результаты любого измерения;

$(a_i - \bar{a})$ – отклонение любого отдельного результата измерений от среднеквадратичного.

Среднеквадратичное отклонение:

$$\xi = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (a_i - \bar{a})^2}{n-1}} \quad (5)$$

Масса навесок для определения качества стебельчатой массы и распределения по длине частиц составили 100 г. Взвешивание навесок и остатка примесей осуществлялось на электронных весах Штрих-М7Сс точностью 0,001 кг.

Согласно ТКП 273-2010 и методике проведения испытаний машин для сепарирования примесей, количество опытов равно 15.

Повторность опытов – трехкратная. Для проведения многофакторного эксперимента целесообразно использовать центральный композиционный ортогональный план типа 2^2 . Методика проведения экспериментов составлялась в соответствии с общими принципами исследований по сельскохозяйственной механике. Лабораторные исследования проводились с целью получения исходных данных для последующих расчетов, определения уровня и интенсивности варьирования влияющих факторов.

Исследование процесса сепарации проводится на двух видах материалов: солома и силос. Порядок проведения исследований:

- взвешивается порция соломы, вес порции принимали 50 кг и загружали в питатель стебельчатых кормов. Предварительно исходный материал очищали от посторонних твердых предметов;

- подача питателя тарировалась на производительность 3 т/ч;

- производилась серия опытов на каждом материале с разной скоростью подачи массы стебельчатого вороха в сепаратор. При этом замерялось траектория сепарации. Результаты заносились в таблицу 1.

Таблица 1. – Результаты опыта с фиксацией траектории выгрузки после сепарации

Наименование материала	Длина l , мм	Влажность W , %	Плотность ρ , кг/м ³	Скорость витания $v_{\text{вит. ср.}}$, м/с	Коэфф. парусности, м ⁻¹
Солома:					
– пшеницы яровой	145-315	13-22	40-80	13,45-14,20	0,049-0,054
– силос из трав	210-340	30-50	525	17-19	0,06-0,08
– сенаж	105-270	30-50	550	17-19	0,06-0,08
Мелкие камни, находящиеся в связанных частицах корма	–	–	–	Свыше 26,3	Не более 0,014
Мелкие металлические примеси, находящиеся в связанных частицах корма	–	–	–	Свыше 28,6	Не более 0,012
Металлические примеси	10-300	–	3800-7800	Свыше 35	Не более 0,008
Камни	10-350	–	1000-4600	Свыше 35	Не более 0,008

Экспериментальные и лабораторно-производственные исследования

В соответствии с поставленными задачами для проверки основных теоретических исследований и положений по определению рациональных параметров конструкции рабочих органов на сепарирование инородных примесей из стебельчатых кормов, проведены экспериментальные и лабораторно-производственные исследования. При оптимизации конструкции сепарирующей установки необходимо рассматривать множество факторов. Эффективность технологического процесса характеризуется двумя показателями – энергоемкость и чистота очистки от примесей. Однако координаты экстремумов этих функций обычно не совпадают. Поэтому в качестве целевой функции целесообразно принять качество сепарирования с наименьшими затратами энергии [2].

С целью обоснования конструктивных и режимных параметров сепарирующей установки проведены экспериментальные исследования, [1, 2] программой которых предусматривалось:

- выявление априорным ранжированием факторов, оказывающих наибольшее влияние на качество сепарирования стебельчатого вороха;
- проведение многофакторного эксперимента с использованием центрального композиционного ортогонального плана порядка 2^3 ;
- обработка полученных экспериментальных данных;
- построение поверхностей отклика, отображающих зависимость количества недостаточно отделенных примесей от факторов, установленных в результатах априорного ранжирования.

Опыты проводились на кормовой соломе объединяющей характерные физико-механические свойства объемистых кормов.

Определяли степень разделения частиц после сепарирования. Для этого, слой соломы, падающий на ленту, разделялся на количество частиц разных размеров по плотности слоя, и измеряли их соотношение, результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2. – Рассеяния частиц слоя стебельчатого материала после сепарирования

Исходные материалы	Смесь исходных частиц после сепарации, %		
	тяжелые частицы	средние частицы	легкие частицы
Солома	40	50	10
Силос	70	25	5
Сенаж	55	40	5

Результаты испытаний показали, что стебельчатая масса после сепарирования сохраняет свои свойства, т. е. процесс сепарирования на стебельчатый материал практически не оказывает воздействия.

Процесс воздействия сепарирования на качество стебельчатой массы определяли, используя отбор порций материала до сепарирования и после сепарирования. Результаты приведены в таблице 3.

Таблица 3. – Результаты распределения частиц в материале до опыта и после сепарации

Вид корма	Количество частиц					
	тяжелые частицы, %		средние частицы, %		легкие частицы, %	
	до опыта	после сепарации	до опыта	после сепарации	до опыта	после сепарации
Солома	60	40	35	55	5	5
Силос	52	45	45	52	3	3
Сенаж	40	35	55	62	5	3

Результаты испытаний показали, что процесс сепарирования практически воздействует на сепарируемые материалы. Уменьшается количество тяжелых частиц за счет воздействия сепарирующих элементов.

При этом остальные параметры кормов оставались постоянными.

Определены зависимости связности частиц (κ_c) от плотности массы стебельчатого корма приведенные в таблице 4.

Таблица 4. – Зависимость связности частиц от плотности массы стебельчатого корма и скорости воздуха

Вид материала	ρ , кг/м ³	v , м/с	$v_{\text{возд}}$, м/с	$v_{\text{воздуха}}$, м ³ /с		κ_c
Солома	40	60	80	1	3	0,4
Силос	55	62	85	1	3	0,5
Сенаж	60	65	75	1	3	0,6

Связность частиц стебельчатого материала в результате его разрыхления уменьшается. Процесс сепарирования стебельчатых материалов улучшает качество кормов после сепарирования. Проведенные опыты, при наличии в составе материала твердых инородных включений, – результаты занесены в таблицу 5.

Таблица 5. – Результаты опытов совместной подачи материалов и механических примесей v скорость подачи 1,8 м/с

Масса материала с примесями, кг	52			
Масса одной частицы, кг	0,2	0,1	0,05	0,01
Расстояние от места выгрузки к месту падения камней	100	200	300	–
Общая масса выделенных частиц, кг	1,6	0,8	0,05	частицы уносятся с материалом

Испытания проводились на соломе озимой пшеницы длиной стеблей 100 мм влажностью 16%, скорость подачи воздуха 15 м/с, толщина слоя материала 50 мм.

На условия разрушения [3, 4, 5] структурной решетки в объеме оказывает существенное влияние влажность материала. Увлажнение частиц материала приводит к слипанию стеблей. При этом ухудшается относительное перемещение частиц. Изменение влажности частиц от 15 до 35% требует увеличения критической скорости от 11–12 до 16–18 м/с (высота слоя 0,25 м, плотность 25–30 кг/м³, солома). Зависимость критической скорости от влажности смеси при различной высоте слоя приведены в таблице 6.

Таблица 6. – Зависимость критической скорости воздуха от влажности смеси при различной высоте слоя материала

Параметры	Высота слоя, м							
	0,2				0,5			
	0	15	30	40	0	15	30	40
W, %	0	15	30	40	0	15	30	40
$v_{кр}$, м/с	5	7	12	16	12	14	17	26

Выдувание всех мелких примесей из массы происходит при скоростях воздуха 5-7 м/с. Эти данные говорят о том, что наряду с высотой слоя, влажностью и плотностью вороха, существенное влияние на процесс разрыхления решеток оказывает длина частиц в объеме (таблица 8). Чем длина больше, тем меньше критическая скорость.

Заключение

На основе проведенных исследований, можно сделать вывод о том, что с уменьшением длины стеблей и возрастанием их влажности, скорость витания изменяется. Поэтому распределение частиц стебельного вороха в воздушном потоке будет различным, а описание процесса пневмомеханической сепарации следует проводить с использованием нижнего и верхнего значений скорости витания [6, 7].

Результаты исследований физико-механических свойств разделяемых компонентов указывают на высокие различия в их аэродинамических свойствах, что доказывает эффективность воздушной очистки грубых стебельных кормов.

Литература

1. Нелюбов, А. И. Пневмосепарирующие системы сельскохозяйственных машин / А. И. Нелюбов, Е. Ф. Ветров. – М.: Машиностроение, 1977. – 192 с.
2. Ахметов, С. М. Механизация очистки стебельных кормов: дисс. канд. тех. наук / С. М. Ахметов. – Саратов, 1993. – 145 с.
3. Герцен, П. П. Профилактика и лечение травм в промышленном животноводстве / П. П. Герцен. – Кишинев. Карта молдовенякэ, 1981. – 354 с.
4. Кононов, Б. В. Совершенствовать технологию приготовления грубых кормов / Б. В. Кононов, В. Н. Стригин // Степные просторы, 1982. — JN» 3. – С. 50-51.
5. Верещагин, Ю. Д. Машины и оборудование для приготовления и раздачи кормов : учебное пос. для средн. шк. и проф.-тех. училище / Ю. Д. Верещагин, А. Н. Сердечный. – М. : Высшая школа, 1983. –144 с.
6. Саяпин, В. В. Совершенствование процесса очистки грубых стебельных кормов от инородных твердых примесей с разработкой и обоснованием параметров сепарирующего устройства : дис.. канд. тех. наук / В. В. Саяпин. - Саратов, 1997. — 219 с.
7. Джапаров, Р. Р. Механизация очистки стебельных кормов от твердых примесей : дис. ... канд. тех. наук / Р. Р. Джапаров. – СИМСХ, Саратов, 1988 – 174 с.

Н. Д. Лепёшкин, В. В. Мижурин, Д. В. Заяц

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь,
e-mail: mehposev@mail.ru*

**СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОДОЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ТРУДНОСЫПУЧИХ СЕМЯН ТРАВ ДОЗИРУЮЩИМ УСТРОЙСТВОМ
С АКТИВИРУЮЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ**

В статье приведены результаты статистической оценки продольного распределения трудносыпучих семян трав дозирующим устройством с активирующими элементами.

Ключевые слова: эспериментальная установка, закон Пуассона, критерий Пирсона, семена.

N. D. Lepeshkin, V. V. Mizhurin, D. V. Zajac

*SUE « SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization»,
Minsk, Republic of Belarus,
e-mail: mehposev@mail.ru*

**STATISTICAL EVALUATION OF THE LONGITUDINAL DISTRIBUTION
OF LARGE BULK SEEDS OF HERBS DOSING DEVICE WITH ACTIVATING ELEMENTS**

The article presents the results of a statistical assessment of the longitudinal distribution of slow-flowing grass seeds by a dosing device with activating elements.

Keywords: experimental setup, Poisson law, Pearson criterion, seeds.

Введение

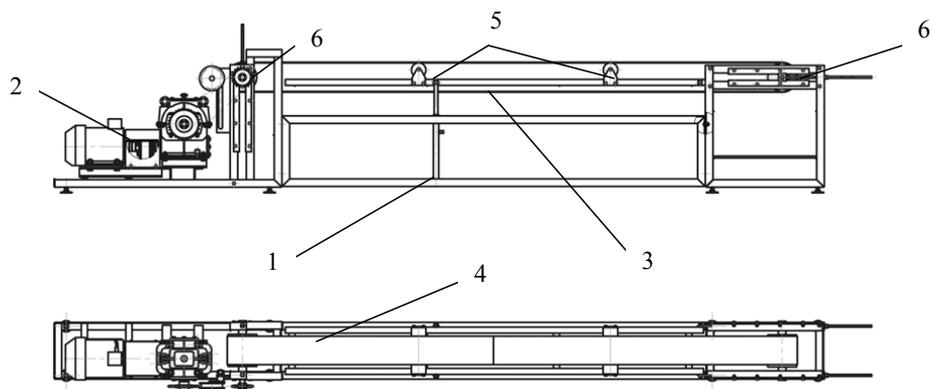
Несмотря на преобладание в Республике Беларусь посевных машин с пневматической системой высева, широкое распространение начинают получать посевные машины с механической системой высева, для которых одним из критериев оценки качества выполнения посевных работ является продольная равномерность распределения посевного материала. Известно, что чем равномернее поток на выходе из дозирующего устройства, тем равномернее укладка посевного материала вдоль рядка. Данное утверждение относится к сеялкам с чисто механической системой высева, рабочий процесс которых, с точки зрения статистической оценки случайных факторов, изучен достаточно полно [1, 2]. Однако разработанное дозирующее устройство с активирующими элементами [3] может применяться как в пневматических высевающих системах, так и в механических. Поэтому для оценки влияния конструктивных параметров активирующих элементов на продольную неравномерность высева необходимо установить закон распределения вероятностей случайных величин.

Основная часть

Для этого проводились экспериментальные исследования по определению продольной неравномерности высева на экспериментальной установке, схема которой представлена на рисунке 1, общий вид на рисунке 2.

Экспериментальная установка для определения продольной равномерности распределения семян состоит из: рамы 1, на которой монтируются все остальные элементы, приводной станции 2, стола 3 с изменяемым углом наклона, ленты 4, роликов 5, натяжных устройств 6.

Рабочий процесс на установке осуществляется следующим образом. Вращение от приводной станции, включающей в себя цепную муфту, червячный редуктор и цепную передачу, передаётся приводному валу барабана, который в свою очередь приводит в движение ленту. Для



1 – рама; 2 – приводная станция; 3 – стол; 4 – лента; 5 – ролики; 6 – натяжное устройство

Рисунок 1. – Схема экспериментальной установки для определения продольной неравномерности распределения семян



a



б



в

a – вид справа; *б* – вид слева; *в* – приводная станция

Рисунок 2. – Общий вид экспериментальной установки для определения продольной неравномерности распределения семян

изменения скорости перемещения ленты предусмотрена возможность установки в цепной передаче сменных звёздочек с различным числом зубьев, что позволяет имитировать различную поступательную скорость перемещения посевной машины.

Перед началом эксперимента на ленту наносили консистентную смазку для фиксации высеваемого материала на поверхности ленты в месте выпадения из семяпровода и предотвращения

его скатывания с ленты. Для предотвращения разброса посевного материала по ширине ленты над лентой устанавливали семяпровод, в который поступали семена из дозирующего устройства с активирующими элементами. Скорость ленты устанавливали из учета движения посевной машины по полю со скоростью 10 км/ч. Установку вибрации не подвергали. Все опыты повторяли в трёхкратной повторности.

Эксперимент начинали с установки требуемой нормы высева, затем запускали установку для дозирования семян и осуществляли высева в течение 30 секунд в лоток для обеспечения установившегося режима работы. После этого включали привод ленты, убирали лоток и производили высева посевного материала на липкую ленту. После осуществления высева на участке в 2,5 м прекращали подачу посевного материала. Затем производили замеры расстояний между семенами с помощью линейки с точностью ± 1 мм. Замер производили нарастающим итогом (первое семя, от которого производили отсчёт измерения, принимали за ноль).

Качество рядкового посева в соответствии с ГОСТ 3018 – 52 оценивается продольной неравномерностью распределения – числом 5-сантиметровых отрезков с 0,1,2,3...n семенами (дискретное распределение) или плотностью величин интервалов между семенами (непрерывное распределение).

В посевных машинах с аппаратами непрерывного действия распределение квадратов с семенами в продольном направлении достаточно точно описывается законом Пуассона. Поэтому частота появления отрезков с различным числом семян P_m является вероятностной величиной и определяется из выражения [4]:

$$P_m = \frac{a^m}{m!} e^{-a},$$

где a – среднее число семян в отрезке (плотность);

m – случайное число семян.

Закон Пуассона применяется при достаточно больших объёмах выборки (число участков замера должно быть не менее 100) [5].

Для проверки соответствия плотности распределения, полученной эмпирическим путём по данным выборки, с теоретической плотностью распределения используется критерий согласия χ^2 (критерий Пирсона).

Критерий согласия χ^2 выражается формулой:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(f_i - F_i)^2}{F_i},$$

где f_i – эмпирическая частота;

F_i – теоретическая частота.

Можно предположить, что неравномерность распределения семян при пневматической системе высева также подчиняется закону Пуассона. Однако это только гипотеза, требующая проверки.

Область принятия гипотезы определяется неравенством:

$$\chi^2 \leq \chi_{v;\alpha}^2,$$

где $\chi_{v;\alpha}^2$ – табличное значение критерия Пирсона.

Расчётное значение критерия Пирсона χ^2 определяли с помощью пакета программ Statistica 6.0 [6, 7]. Если выборочное значение χ^2 больше $\chi_{v;\alpha}^2$ – гипотеза отвергается при уровне значимости α и наоборот, если выборочное значение χ^2 меньше табличного $\chi_{v;\alpha}^2$ – гипотеза принимается при уровне значимости α .

При совпадении эмпирических и теоретических частот $\chi^2 = 0$.

Чем меньше расхождение между частотами, тем меньше значение критерия χ^2 . Критерий может применяться при уровне значимости $\alpha = 0,05$. Значение $\chi_{v;\alpha}^2$ выбирается по таблицам в зависимости от числа степеней свободы.

Число степеней свободы K определяется выражением:

$$K = r - s,$$

где r – число разрядов (интервалов);

s – число наложенных связей (в нашем случае $s = 3$).

По таблице вероятностей для критерия Пирсона находится его критическое значение. При числе степеней свободы 3, числе интервалов 6 и при уровне значимости $\alpha = 0,05$ $\chi^2_{v;\alpha} = 7,81$ [8].

Проведена сравнительная оценка дискретного теоретического и эмпирического распределений посевного материала вдоль ряда. Объём выборки экспериментальных данных и результаты их обработки представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Результаты экспериментальных исследований дискретного распределения по закону Пуассона

Культура	Количество семян в 5-ти сантиметровом отрезке, шт.						Среднее число семян в отрезке, шт.	Значение критерия согласия Пирсона χ^2 ($\chi^2_{v;\alpha} = 7,81$)
	0	1	2	3	4	5		
Райграс пастбищный	75	82	66	58	44	0	54,17	5,20
Ежа сборная	76	86	69	55	46	0	55,33	5,12
Кострец безостый	74	86	63	59	49	0	55,17	2,06

Результаты теоретических и экспериментальных результатов представлены графически для семян на рисунках 4 – 6.

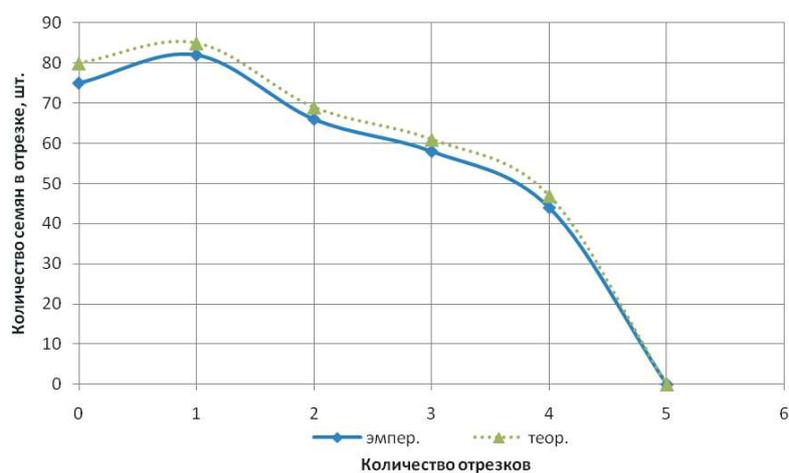


Рисунок 4. – Дискретное распределение семян райграса пастбищного

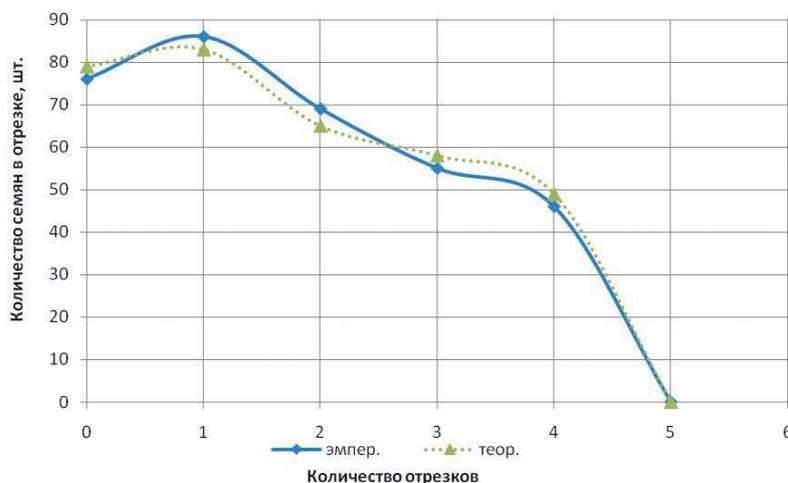


Рисунок 5. – Дискретное распределение семян ежи сборной

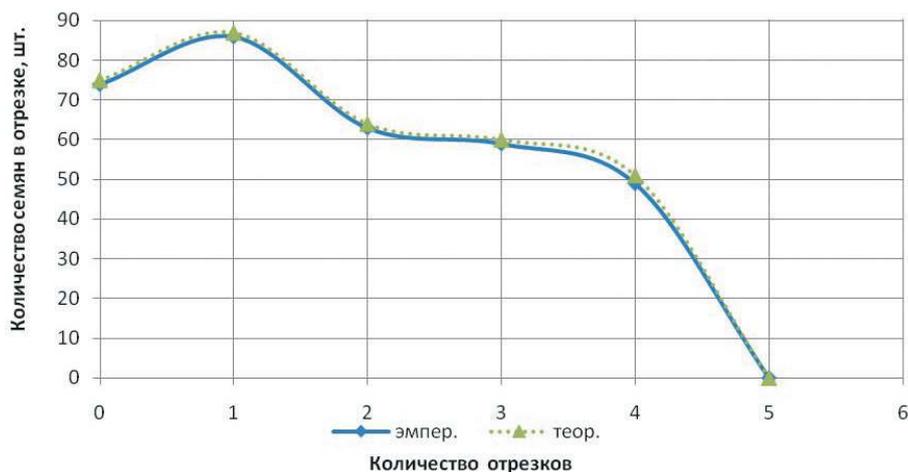


Рисунок 6. – Дискретное распределение семян кострца безостого

Полученные значения критерия согласия Пирсона не превышают критическое значение $\chi^2_{v;\alpha}$, следовательно гипотеза принимается.

В работе [9] даётся предположение, что распределение семян вдоль ряда при посеве семян трав приближается к нормальному распределению (Гауссовскому распределению). В связи с этим были проведены исследования, по определению закона непрерывного распределения посевного материала вдоль ряда. Результаты предыдущих исследований позволяют предположить, что продольное распределение наиболее полно подчиняется логнормальному закону распределения.

Следовательно, частоты интервалов семян p близки к вероятностям, определяемых выражением [10]:

$$p(\delta) = \frac{1}{x \cdot a \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} e^{-\frac{(\ln(x/b))^2}{2 \cdot a^2}},$$

где $a = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^k n_i \cdot (\ln x_i - \mu)^2}$ и $b = e^\mu$ – параметры выбранного распределения масштаба

и формы соответственно, где $\mu = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^k n_i \cdot \ln x_i$;

r – число параметров принятого распределения (для логнормального распределения $r = 2$);

x_i – середина i -ого интервала;

n_i – количество семян с i -ым интервалом;

$n = \sum_{i=1}^k n_i$ – объём выборки, где k – число интервалов.

Определение вероятности частоты интервалов между семенами проводились отдельно для каждого вида семян трав. Результаты обработки экспериментальных данных представлены в таблице 2.

Таблица 2. – Результаты экспериментальных исследований непрерывного распределения по логарифмически нормальному закону

Культура	Среднее расстояние между семенами, мм	Среднее квадратическое отклонение, мм	Коэффициент вариации, %	Значение критерия согласия Пирсона χ^2 ($\chi^2_{v;\alpha} = 7,81$)
Райграс пастбищный	26,14	8,89	34,03	5,13
Ежа сборная	24,86	10,30	41,47	5,56
Кострец безостый	54,07	13,63	25,23	4,21

Полученные эмпирические и теоретические значения частот проверялись с помощью критерия согласия Пирсона χ^2 по известной методике при уровне значимости $\alpha = 0,05$. Из таблицы 2 видно, что значения χ^2 меньше критического значения критерия $\chi_{v;\alpha}^2 = 7,81$, следовательно, нулевая гипотеза принимается.

Заключение

На основании результатов статистической оценки можно сделать вывод о том, что продольное размещение посевного материала при дискретном определении неравномерности подчиняется закону Пуассона, а при непрерывном – логнормальному.

Литература

1. Семенов, А. Н. Зерновые сеялки. – Киев: Машгиз., 1959. – 316 с.
2. Бузенков, Г. М. Машины для посева сельскохозяйственных культур / Г. М. Бузенков, С. А. Ма. – М.: Машиностроение, 1976. – 272 с.
3. Отчет о научно-исследовательской работе (промежуточный) на тему: «Исследование процесса высева трудносыпучих семян трав и обоснование параметров элементов дозирующих устройств» этап 02.3. – Минск: РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», 2017. – 48 с.
4. Любушко, Н. И. Методика расчёта и определения равномерности распределения семян зерновых культур по площади / Н. И. Любушко. – М.: ВИСХОМ, 1970. – 16 с.
5. Ефимова, М. Р. Общая теория статистики: учебник / М. Р. Ефимова, В. М. Рябцев. – М.: Финансы и статистика, 1991. – 304 с.
6. Батин, Н. В. Компьютерный статистический анализ данных: учеб.-метод. пособие / Н. В. Батин. – Минск: Ин-т подгот. науч. кадров Нац. акад. наук Беларуси, 2008. – 160 с.
7. Халафян, А.Н. Statistica 6.0. Статистический анализ данных: учебник / А. А. Халафян. – 3-е изд. – М.: ООО «Бином-Пресс», 2007. – 512 с.
8. Бендат, Дж. Измерение и анализ случайных процессов / Дж. Бендат, А. Пирсол; под ред. И. Н. Коваленко. – М.: Мир, 1971. – 408 с.
9. Гусаров, В. А. Повышение качества посева трудносыпучих семян пневматической сеялкой: дис. ... канд. тех. наук: 05.20.01 / В. А. Гусаров. – Пенза, 2009. – 152 с.
10. Костюк, В. С. Статистическая оценка условий эксплуатации мобильной сельскохозяйственной техники / В. С. Костюк, А. В. Ленский, Е. Г. Родов // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межведомственный тематический сборник / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»; редкол.: В. Н. Дашков [и др.]. – Минск, 2007. – Вып. 41. – С. 55–61.

УДК 631.363;636.2084.7

Поступила в редакцию 11.08.2019
Received 11.09.2019

В. И. Передня, Е. Л. Жилич, А. А. Кувшинов, Н. А. Яцынович

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
e-mail: belagromech@tut.by*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАГРЕВА ЗЕРНОВЫХ КОМПОНЕНТОВ НА ПРОЦЕСС ИХ ЭКСТРУЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ

В работе исследовалось влияние предварительного нагрева исходных компонентов, поступающих в экструдер, на качество и скорость экструдирования. Изготовлена экспериментальная установка устройства для подогрева исходных компонентов, поступающих в экструдер, и на ней проведены исследования. Проведено обоснования параметров устройства для подогрева, и построен график результатов исследований.

Ключевые слова: индукционный нагрев, зернофураж, завихритель, винтовой смеситель, электромагнитном поле.

STUDY OF THE INFLUENCE OF HEATING OF GRAIN COMPONENTS ON THE PROCESS OF THEIR EXTRUSION PROCESSING

In this work, we studied the effect of preheating of the initial components entering the extruder on the quality and speed of extrusion. An experimental setup was made for a device for heating the initial components entering the extruder and studies were carried out on it. The parameters of the device for heating were substantiated and a schedule of research results was built.

Keywords: induction heating, grain fodder, swirler, screw mixer, electromagnetic field.

Введение

Индукционный нагрев получил широкое распространение в промышленности и научных исследованиях.

Основной особенностью индукционного нагрева является образование и выделение теплоты в самих нагреваемых телах. Это позволяет передавать в них больше мощности, получать высокие термические КПД за счет выделения теплоты только в нужных местах [6].

Поскольку зернофураж является не проводящим электричество, то будем рассматривать только косвенный нагрев. В устройствах косвенного нагрева температуры удельные мощности ограничены теплоотдачей от промежуточного нагрева. Однако с помощью таких устройств, можно получать высокую равномерность нагрева, нагревать непроводящие электричество материалы, получать высокие энергетические показатели провеса (КПД и коэффициент мощности) [7]. К этому типу относится довольно многочисленная группа устройств для обогрева технологического оборудования: химических реактивов, трубопроводов, экструдеров и т.д.

Обеспечивая нагрев данной зоны, необходимо учитывать неизбежность иногда ненужного, а порой вредного нагрева зон замыкания вихревых токов. Этого недостатка лишен так называемый полу-индукционный нагрев, при котором ток подводится к изделию через контакты, а его путь по нагреваемому телу формируется за счет обратного проводника, выполняющего роль индуктирующего провода [8].

Основная часть

Из известных способов тепловой обработки зерна, наибольший интерес представляет экструдирование. В процессе экструдирования, благодаря высокой температуре (110-160 °С) и давлению (5 МПа), крахмал распадается на простые сахара, а витамины и аминокислоты, в связи с кратковременностью обработки, сохраняются [2].

Однако экструдирование имеет один очень большой недостаток, заключающийся в высокой энергоемкости процесса. Для эффективного использования процесса экструдирования требуется доработка данного процесса, позволяющая уменьшить расход электроэнергии и увеличить производительность [1].

Поэтому, целью исследовательских испытаний, была задача обосновать параметры устройства для подогрева исходных компонентов, поступающих в экструдер посредством использования электромагнитного поля индуктора.

Для проведения исследовательских испытаний была изготовлена экспериментальная установка устройства для подогрева зернобобовой смеси перед подачей в экструдер, предназначенного для приготовления зернового концентрата в условиях хозяйств на основе экструдирования зерновой смеси [3].

Конструктивная схема устройства для подогрева зернобобовой смеси перед подачей ее в экструдер представлена на рисунке 1.

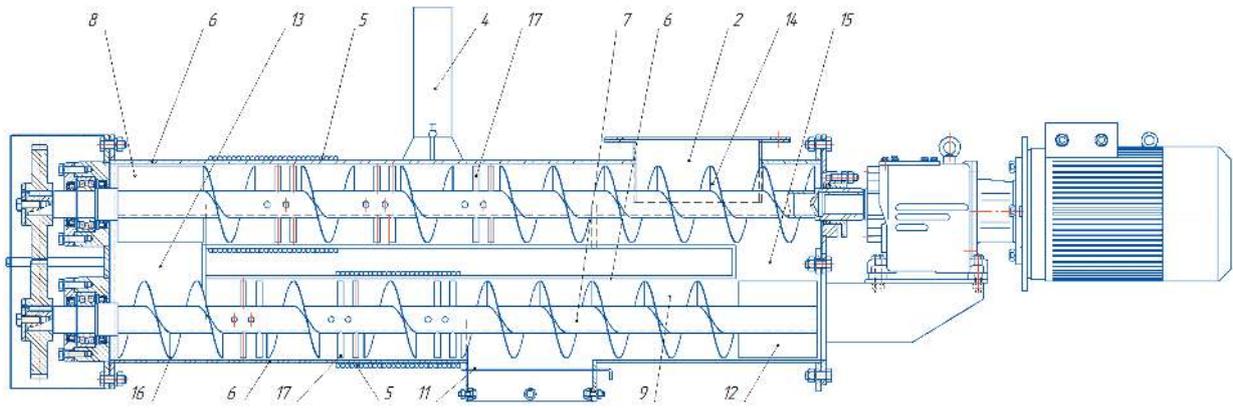


Рисунок 1. – Конструкция устройства для подогрева смеси

Устройство для подогрева зернобобовой смеси перед подачей ее в экструдер (рисунок 1), включает приемное окно 2, винтовой смеситель 3, увлажнитель 4, индуктор 5, корпус винтового смесителя 6, вал винтового смесителя 7, перебрасывающие лопатки 8 и 12, винтовой смеситель 9, шибер 11, окно 13 и 15, витки 14 и 16 винтовых смесителей 3 и 9, завихритель 17.

Первоначальная порция исходного сырья подается в приемное окно 2, из которого поступает в соединенный с ним винтовой смеситель 3, включающий корпус 6, на котором установлен увлажнитель 4, из которого дозированно подается вода на транспортируемое с помощью вала 7, витков 14, завихрителей 17 сырье, которое смешивается и нагревается посредством индуктора 5 и подается на перебрасывающие лопатки 8, последние перегружают ее в винтовой смеситель 9, соединенный с экструдером, в котором движущее сырье продолжает нагреваться и перемешиваться.

Если подогретое сырье не достигло требуемой температуры, то шибер 11 остается закрытым, и масса продолжает движение до перебрасывающих лопаток 12, которые перегружают ее в окно 15 винтового смесителя 3 и цикл продолжается для нагрева массы до заданной температуры, после чего шибер 11 открывается и сырье поступает в экструдер.

Исследования основных показателей энергетической оценки.

По заданной производительности нагреваемого потока определяют потребляемую мощность:

$$P_1 = 4,18c(T_k - T_n)P, \text{ кВт}$$

где c – теплоемкость металла, кал/(кг·°C);

P – производительность потока, кг/мин;

$T_k - T_n$ – разность конечной и начальной температуры, °C.

В нашем случае, при непрерывно последовательном движении потока, можно определить, длину индуктора:

$$l_m = \frac{Pt_{\min}}{S_2 V_2 (i)^3}, \text{ см}$$

где S_2 и V_2 соответственно сечение нагреваемой заготовки (труба) в см² и удельный вес ее материалов г/см³ [4].

Электрический расчет индуктора.

Активное сопротивление индуктора, отнесенное к одному витку

$$r_i = \Pi_i \rho_1 (t_i \Delta_i), \text{ Ом}$$

где Π_i – периметр проводов, по которым протекает ток;

$\rho_1 = 2 \cdot 10^{-8}$ – удельное сопротивление меди;

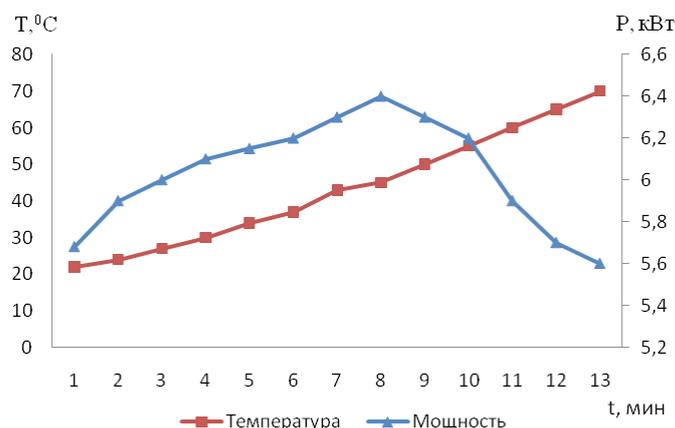


Рисунок 2. – Зависимость потребляемой мощности и температуры нагрева пасты от времени обработки (Соотношение компонентов: рапс – 0,8 кг; кукуруза – 0,6 кг; тритикале – 0,4 кг), $W_{уд} = 0,23$ кВт ч/Т

l_i – длина индуктора;

Δ_i – толщина кожуха шнека.

Индуктивное сопротивление, Ом, трубы отнесенное к одному витку:

$$x_i = \omega \mu_0 (S_1 / t_1) K_{xi},$$

где $\omega = 2\pi f$ (f – частота тока, Гц);

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-9};$$

S_1 – торцевая площадь сечения, окруженная токопроводом индуктора, см²;

K_{xi} – коэффициент индуктивного сопротивления [5].

Результаты опытов приведены на рисунке 2.

Заклучение по результатам исследований

Применение циркуляции по замкнутому циклу исходного сырья и дозированной подачи воды на него позволяет нагреть и увлажнить исходное сырье в потоке до заданных требований, что дает возможность повысить качество и производительность переработки экструдированного корма, и повышает усвояемость исходного сырья до 70-75%.

Преимущество предлагаемого изобретения состоит в том, что за счет непрерывного транспортирования, с одновременным увлажнением, смешиванием и предварительным индукционным нагревом исходного сырья валом и витками винтовых смесителей, находящихся в электромагнитном поле индуктора, позволяют уменьшить температуру нагрева и время нахождения исходного сырья в экструдере. Это обеспечивает уменьшение энергоемкости процесса обработки и увеличение производительности устройства.

Литература

1. Исследование процесса переработки зернобобовых компонентов в легкоусвояемый корм для кормления телят: Труды международной научно-технической конференции «Энергообеспечение и энергоснабжение в сельском хозяйстве», Варшава, ИБМЭР, 2004 г.; В. И. Передня [и др.] – Варшава, ИБМЭР, 2004 – С. 15-16.
2. Экструдированное, микронизированное и вструдированное зерно в рационах телят: Конкурентоспособное производство продукции животноводства в Республике Беларусь: Сб. работ междунар. науч.-произв. конф, Брест 1999 г., Н. А. Яцко, В. Ф. Радчиков –Брест, 1999. –Ч. II. –С. 165–166.
3. Экспансионная обработка зерна ржи с помощью экспандера с электрическим нагревом корпуса шнека: Научный поиск молодежи XXI века: материалы VIII Международной научной конференции студентов и магистрантов (Горки 23-25 октября 2006 г.) / Учреждение образования «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»; А. М. Белоусов, С. И. Козлов, – Горки, 2006. – Ч. 1. – С. 210–211
4. Экономическая эффективность внедрения экспандера концентрированных кормов с регулируемой предматричной камерой и электрическим нагревом корпуса шнека: Научный поиск молодежи XXI века: материалы VIII Международной научной конференции студентов и магистрантов (Горки 23–25 октября 2006 г.) Учреждение

образования «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»; А. С. Анищенко, С. И. Козлов – Горки, 2006. – Ч. 1. – С. 204–206.

5. Новиков, В. В. Исследование рабочего процесса и обоснование параметров пресс-экструдеров для приготовления концентратов, Автореферат канд. дисс – Волгоград; Волгоградский СХИ 1987.

6. Немков, В. С. Теория и расчет устройств индукционного нагрева/ В. С. Немков, В. Б. Демидович. – Л.: Энергоиздат, 1988.

7. Сухоцкий, А. В. Индукторы для индукционного нагрева / А. В. Сухоцкий, С. Е. Рыскин. – Л.: Энергия, 1974.

8. Лыков, А. В. Теория теплопроводности / А.В. Лыков. – М.: Высшая школа, 1967.

УДК 631.33.022.1

Поступила в редакцию 02.07.2019

Received 02.07.2019

Н. Д. Лепёшкин¹, В. В. Мижурин¹, Д. В. Заяц¹, Д. В. Зубенко²

¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,

г. Минск, Республика Беларусь,

e-mail: mehposev@mail.ru

²УО «Марьиногорский государственный ордена «Знак Почета»

аграрно-технический колледж имени В. Е. Лобанка»,

п. Марьино, Республика Беларусь

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССА ВЫСЕВА ТРУДНОСЫПУЧИХ СЕМЯН ТРАВ ДОЗИРУЮЩИМ УСТРОЙСТВОМ С АКТИВИРУЮЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

В статье приведены результаты статистической оценки продольного распределения трудносыпучих семян трав дозирующим устройством с активирующими элементами.

Ключевые слова: экспериментальная установка, закон Пуассона, критерий Пирсона, семена.

N. D. Lepeshkin¹, V. V. Mizhurin¹, D. V. Zajac¹, D. V. Zubenko²

¹SUE « SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization»,

Minsk, Republic of Belarus,

e-mail: mehposev@mail.ru

²EE «Maryinogorsk state awards «Honour Sign» agrarian and technical college of V. E. Lobanok»,

s. Maryino, Republic of Belarus

RESULTS OF THE RESEARCHES OF THE PROCESS OF SEEDING THE HARD-BURNING SEEDS OF HERBS WITH THE DOSING DEVICE WITH ACTIVATING ELEMENTS

The article presents the results of a statistical assessment of the longitudinal distribution of slow-flowing grass seeds by a dosing device with activating elements.

Keywords: experimental setup, Poisson law, Pearson criterion, seeds.

Введение

В результате выполнения исследований установлено, что для повышения качества дозирования трудносыпучих семян трав необходимо введение в конструкцию дозирующего устройства активирующих элементов, которые позволят повысить качество дозирования семян [1].

Анализ существующих активирующих элементов, используемых в дозирующих устройствах показал, что наибольшее распространение получили активирующие элементы, работа которых основана на механическом принципе действия, как наиболее простом и надежном. В связи с тем, что недостатком всех дозаторов с активирующими элементами является прерывистый, порционный режим работы, снижающий равномерность высева, возникает необходимость в применении новых активирующих элементов, способствующих разрушению сводов и осуществлению качественного дозирования семян. С учетом выявленных преимуществ и недостатков была предложена новая конструкция дозатора с активирующими элементами.

Основные конструктивные параметры активирующих элементов предлагаемого дозирующего устройства были определены теоретически [2].

Так же при выполнении исследований дополнительно, опытным путем, были получены данные [3] для сравнения устойчивости процесса высева серийного дозирующего устройства катушечного типа, применяемого на посевных машинах, и предлагаемого дозирующего устройства с активирующими элементами при дозировании трудносыпучих семян трав. На основании анализа полученных данных, а также их обработке, был сделан вывод о том, что серийное дозирующее устройство катушечного типа, которое устанавливается на посевных машинах, не пригодно для высева трудносыпучих семян трав, т.к. коэффициент вариации (устойчивость высева) составляет более 10% [4].

Все это говорит о необходимости проведения дальнейших исследований, предложенной новой конструкции дозирующего устройства с активирующими элементами, для подтверждения достоверности их основных конструктивных параметров, полученных теоретически и их влияния на качество процесса дозирования трудносыпучих семян трав.

Объекты и методы исследования

Объектом исследований являлось дозирующее устройство с активирующими элементами. Программой исследований предусматривалось изучить влияние основных конструктивных параметров активирующих элементов дозирующего устройства на качество процесса высева трудносыпучих семян трав с целью обоснования их рациональных параметров.

Исследования проводились при высеве семян ежи сборной, костреца безостого, райграса пастбищного. В процессе исследований определялась устойчивость процесса высева семян (коэффициент вариации) $v, \%$.

Ранее проведенными поисковыми исследованиями установлено, что наиболее значимыми факторами, влияющими на процесс работы дозирующего устройства с активирующими элементами при высеве трудносыпучих семян трав, являются количество лопаток нагнетателя (n) и наружный диаметр спирали (d).

Внешний вид активирующих элементов дозирующего устройства представлен на рисунке 1.

Расположение активирующих элементов в самом дозирующем устройстве представлено на рисунке 2.

Для сокращения количества опытов был выбран ортогональный центральный композиционный план второго порядка для двух факторов. Уровни варьирования факторов и кодовые обозначения переменных приведены в таблице 1. Значения факторов на нулевом уровне выбирались по результатам поисковых исследований.

Все эксперименты проводились в трёхкратной повторности на каждой из заданных норм высева (минимальной, хозяйственной и максимальной).

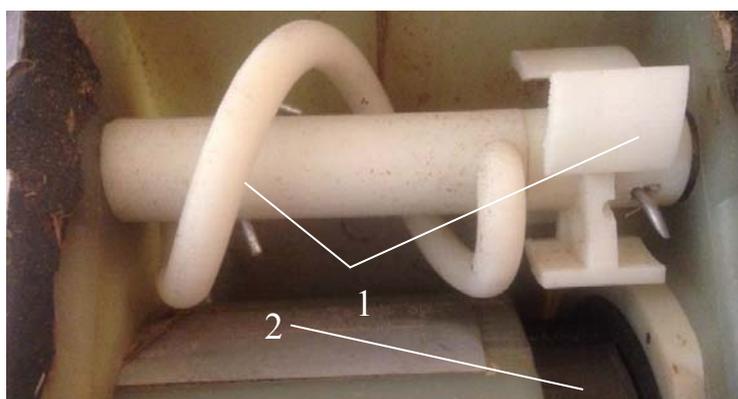


a

б

a – спиральные элементы; *б* – лопаточный нагнетатель

Рисунок 1. – Экспериментальные активирующие элементы



1 – активирующие элементы; 2 – катушка дозирующего устройства
 Рисунок 2. – Расположение активирующих элементов в дозирующем устройстве

Таблица 1. – Уровни варьирования факторов и их кодовое обозначение

Варьируемый параметр	n	d
Единицы измерения	шт.	мм
Кодовые обозначения факторов	x_1	x_2
Интервал варьирования	1	10
Нижний уровень ($x_i = -1$)	2	40
Основной уровень ($x_i = 0$)	3	50
Верхний уровень ($x_i = +1$)	4	60

С целью исключения влияния систематических ошибок, вызванных внешними неконтролируемыми факторами, в ходе экспериментальных исследований выполнялась рандомизация опытов, под которой понимается чередование отдельных опытов в случайном порядке. Это позволило сравнивать результаты подобных опытов вследствие усреднения влияния эффектов неконтролируемых факторов. Процедура рандомизации опытов выполнялась с помощью таблиц случайных чисел [1], при этом последовательно двигаясь по столбцам таблицы, были выбраны числа, соответствующие порядковым номерам проводимых опытов. Матрица ортогонального центрального композиционного плана второго порядка для двух факторов приведена в таблице 2.

Таблица 2. – Матрица планирования

Номер опыта	Уровень фактора		
	x_0	x_1	x_2
1	1	-1	-1
2	1	1	-1
3	1	-1	1
4	1	1	1
5	1	-1	0
6	1	1	0
7	1	0	-1
8	1	0	1
9	1	0	0

Результаты исследований

В результате обработки экспериментальных данных получены уравнения регрессии второго порядка для параметра оптимизации каждой культуры, которые приняли следующий вид:

– для костреца безостого

$$Y_1 = 1,18 - 1,84 \cdot x_1 + 1,24 \cdot x_2 + 0,99 \cdot x_1 \cdot x_2 + 1,75 \cdot x_1^2 + 2,53 \cdot x_2^2; \quad (1)$$

– ежи сборной

$$Y_3 = 4,54 + 0,15 \cdot x_1 - 0,16 \cdot x_2 - 0,15 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,57 \cdot x_1^2 + 0,44 \cdot x_2^2; \quad (2)$$

– для райграса пастбищного

$$Y_3 = 4,08 - 0,55 \cdot x_1 + 0,73 \cdot x_2 + 0,42 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,47 \cdot x_1^2 + 0,68 \cdot x_2^2. \quad (3)$$

При анализе уравнений регрессии второго порядка (1 – 3) установлено, что адекватность уравнений в кодированном виде при уровне значимости 0,05% говорит о том, что погрешность вычислений при реализации полученных моделей на практике в установленном диапазоне варьирования факторов не превысит 5%.

Адекватность уравнений регрессии (1 – 3) по экспериментальным данным проверялась по F–критерию Фишера. Табличные значения критерия Фишера выбирались по таблице [2] для чисел степеней свободы f_e и f_{ao} при уровне значимости $\alpha = 0,05$. В результате проверки установлено, что расчётные значения критерия Фишера не превышают табличные. Следовательно, полученные уравнения адекватно описывают экспериментальные данные.

Для использования уравнений (1) – (3) в инженерных расчётах представим их в раскодированном виде, заменив кодовое значение факторов x_1 и x_2 на натуральные переменные:

$$x_1 = \frac{n-3}{1}; \quad x_2 = \frac{d-50}{10}.$$

Таким образом, уравнения (1 – 3) в раскодированном виде принимают следующий вид:

– для костреца безостого

$$v_1 = 94,35 - 17,29 \cdot n - 2,703 \cdot d + 0,0099 \cdot n \cdot d + 1,75 \cdot n^2 + 0,0253 \cdot d^2;$$

– ежи сборной

$$v_2 = 18,77 - 2,52 \cdot n - 0,411 \cdot d - 0,015 \cdot d \cdot n + 0,57 \cdot n^2 + 0,044 \cdot d^2;$$

– для райграса пастбищного

$$v_3 = 29,61 - 5,47 \cdot n - 0,733 \cdot d + 0,042 \cdot d \cdot n + 0,47 \cdot n^2 + 0,0068 \cdot d^2.$$

Заключительным этапом математической обработки экспериментальных данных являлось определение оптимальной области значений исследуемых факторов на основании анализа поверхностей отклика, полученных методом двумерных сечений. Поверхности отклика, построенные по уравнениям регрессии (1 – 3), представлены на рисунках 3 – 5.

Из анализа данных графических зависимостей и обработки данных, следует, что область оптимума для данных факторов находится в пределах представленных в таблице 3.

Таблица 3. – Оптимальные параметры активирующих элементов

Фактор	Область оптимума
Количество лопаток нагнетателя n , шт.	3,19 – 3,42
Наружный диаметр спирали d , мм	50,83 – 53,68

Заключение

Таким образом, рациональными конструктивными параметрами активирующих элементов дозирующего устройства, при которых обеспечивается высев семян в соответствии с агро требованиями (коэффициент вариации не превышает 10%), являются следующие значения: количество лопаток нагнетателя $n = 3,19 - 3,42$ шт., наружный диаметр спирали $d = 50,83 - 53,68$ мм.

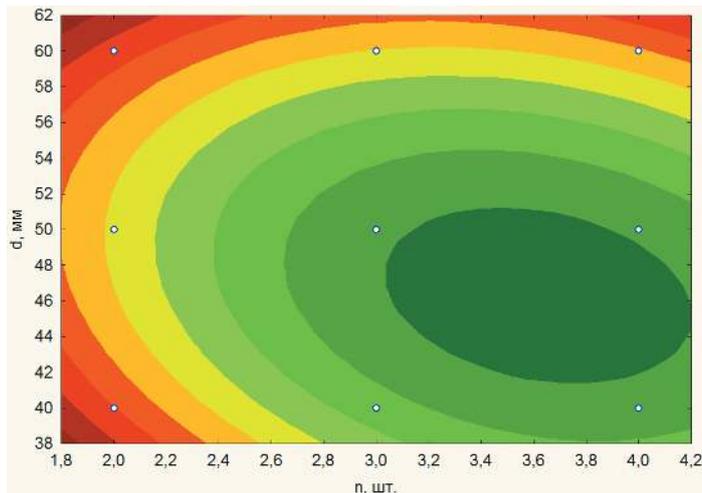
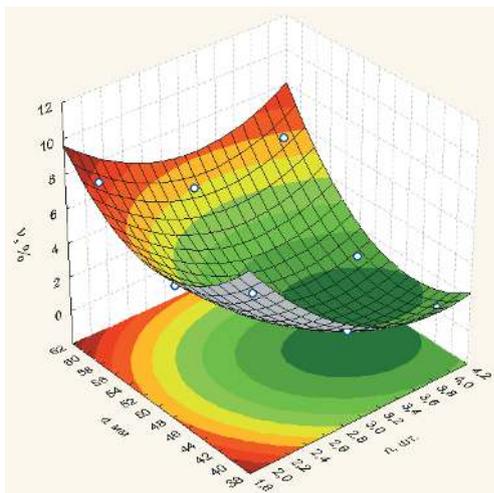


Рисунок 3. – Поверхность отклика и её двумерное сечение $v = f(d;n)$ для костреца безостого

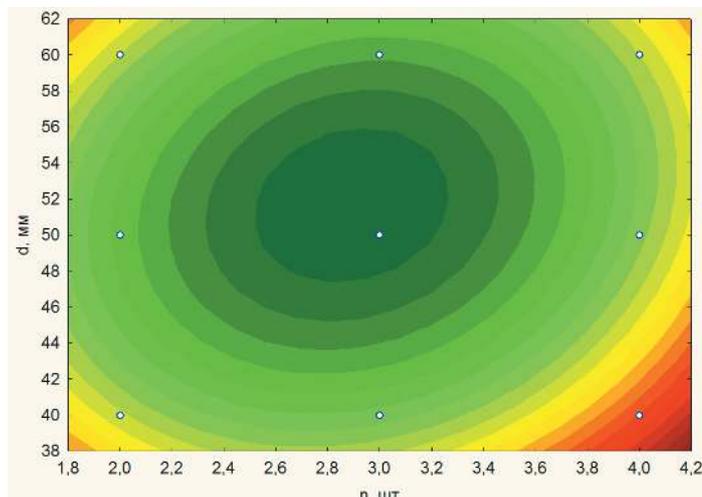
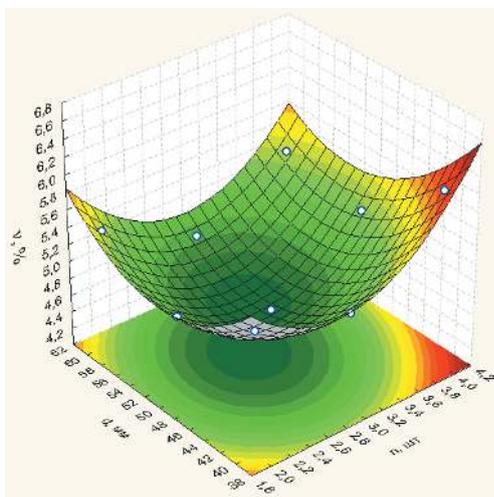


Рисунок 4. – Поверхность отклика и её двумерное сечение $v = f(d;n)$ для ежи борной

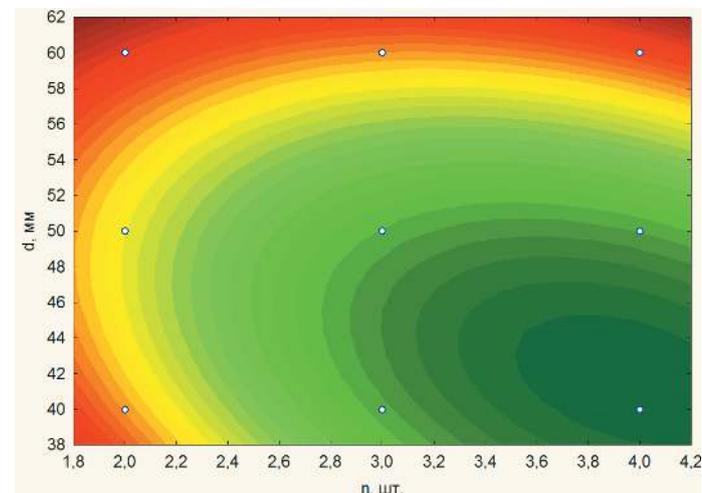
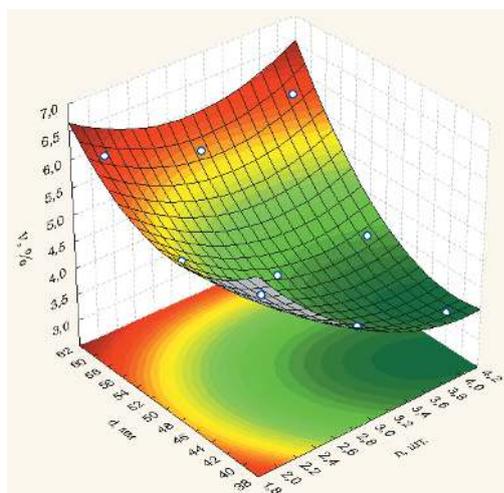


Рисунок 5. – Поверхность отклика и её двумерное сечение $v = f(d;n)$ для райграса пастбищного

Литература

1. Мельников, С. В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С. В. Мельников, В. Р. Алёшкин, П. М. Рошин. – Л.: Колос, 1972. – 200 с.
2. Хайлис, Г. А. Исследования сельскохозяйственной техники и обработка опытных данных / Г. А. Хайлис, М. М. Ковалёв. – М.: Колос, 1994. – 169 с.
3. Отчет о научно-исследовательской работе (промежуточный) на тему: «Исследование процесса высева трудно-сыпучих семян трав и обоснование параметров элементов дозирующих устройств» этап 03.2. – Минск: РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», 2018. – 23 с.

УДК 631.331.022

Поступила в редакцию 11.07.2019
Received 11.07.2019

А. Н. Юрин, к. т. н., доц., А. А. Игнатчик, В. В. Викторovich

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь,
e-mail: anton-jurin@rambler.ru, lab_plodoyagoda@mail.ru*

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ ДЕФИЦИТА ПЛОДОВ И ЯГОД В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ И ПУТИ ЕЕ РЕШЕНИЯ

В статье предоставлен краткий обзор обеспечения продуктами питания населения Республики Беларусь отраслью плодоводства. Предложено решение проблемы уборки опавших на землю плодов как одно из направлений увеличения объемов производства фруктов с целью максимального использования выращенного урожая.

Ключевые слова: плодоводство, уборка плодов с земли, ветровая падалица, средства механизации, подборщик плодов, прицепной комбайн, технологический процесс.

A. N. Jurin, PhD in Engineering sciences, Assoc. Prof.
A. A. Ignatchik, V. V. Viktorovich

*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»,
Minsk, Republic of Belarus,
e-mail: anton-jurin@rambler.ru, lab_plodoyagoda@mail.ru*

ACTIVITY OF THE PROBLEM OF DEFICIENCY OF FRUITS AND BERRIES IN THE REPUBLIC OF BELARUS AND WAYS OF ITS DECISION

The article provides a brief overview of the provision of food products to the population of the Republic of Belarus by the fruit-growing industry. The solution of the problem of harvesting fallen trees to the ground is suggested as one of the directions for increasing the volume of fruit production in order to maximize the use of the cultivated crop.

Keywords: fruit growing, harvesting fruits from the ground, windfalls, means of mechanization, pick-up of fruits, trailed combine, technological process.

Потребление плодов и ягод имеет исключительно важное значение для организма человека: без них невозможно обеспечить полноценное и сбалансированное питание, а особенно детское.

Биологически и социально обязательный ежедневный минимум потребления плодов и ягод составляет не менее 0,25–0,3 кг или в течение года – 90–110 кг, а для обеспечения психологически устойчивого ритма жизни человека необходимо почти двукратное его увеличение [1].

Современный уровень развития садоводства в Беларуси не обеспечивает объем производства плодов и ягод, необходимый для потребления по установленной норме. Так, годовое потребление плодов и ягод отечественного производства на одного человека составляет около 59,2 кг (среднее за 5 лет) и это без учета цитрусовых. Для сравнения: общее потребление плодово-ягодной продукции в год на одного человека в США – 127 кг, Франции – 135 кг, Германии – 126 кг, Италии – 187 кг [1].

Кроме того, плодоводческая отрасль республики обладает высоким экспортным потенциалом, учитывая крайне низкий объем душевого потребления плодов и ягод в России (18 кг), Казахстане (12 кг), Украине (44 кг) [1].

Незначительное производство плодоягодной продукции сельскохозяйственными предприятиями обусловлено тем, что в большинстве своем сады по возрастному составу прошли период полноценного плодоношения (70% яблонь и 55% груш имеют возраст более 20 лет), 50% плодовых культур отнесены по качеству к низкому и очень низкому бонитету. Неудовлетворительным является также породно-сортовой состав насаждений с короткими сроками хранения получаемых плодов. В этой связи урожай плодов и ягод оказывается невысокого качества.

Низкий удельный вес в производстве плодов позднезимнего срока созревания лежкоспособных сортов не позволяет обеспечить в полном объеме закладку их на межсезонный период для нужд торговли и общественного питания, а также иметь свободные ресурсы товарных плодов для поставки на экспорт.

В результате республика вынуждена импортировать свежую плодово-ягодную продукцию. В 2017 году объем поставок составил 943 тыс. тонн, из которых 754,6 тыс. тонн составили яблоко, груши, вишня, черешня, слива и плоды других культур, возделываемых в Беларуси. При этом импорт плодово-ягодной продукции за последние 5 лет увеличился в 2,7 раза [2].

В настоящее время в рамках Государственной программы развития аграрного бизнеса Республики Беларусь на 2016–2020 годы [3] в республике проводится работа по развитию отрасли плодоводства: создается сеть питомниководческих организаций, занимающихся выращиванием необходимого объема посадочного материала плодово-ягодных культур; проводится закладка новых садов; раскорчевываются и обновляются сады низкого бонитета. Однако проводимая работа еще не позволяет в полной мере обеспечить увеличение производства плодов и ягод до 900–1000 тыс. тонн.

В то же время плодоводческая отрасль в Беларуси располагает потенциальными возможностями для дальнейшего увеличения объемов производства фруктов при высоком уровне окупаемости затрат и рентабельности отрасли.

Одним из направлений решения проблемы дефицита плодов и ягод в республике является максимальное использование выращенного урожая.

Продукция переработки плодов (соки, джемы, повидло, кондитерские изделия, витамины и др.) обладает ценными пищевыми свойствами и может быть получена из скоропортящейся части урожая – опавших на землю фруктов.

ГОСТ 27572-87 «Яблоки свежие для промышленной переработки. Технические условия» предусматривает два сорта поставляемых яблок. Стандартом допускаются наличия механических повреждений от дефектов болезней и вредителей (таблица 1).

Таблица 1. – Требования к яблокам для промышленной переработки

Наименование показателя	Значение показателя	
	1 сорт	2 сорт
Нажимы, градобоины, зарубцевавшихся повреждений вредителями (кроме плодовой гнили) и болезнями общей площадью, см, не более	3 см ² , в том числе не более 3 пятен парши, каждое диаметром не более 0,3 см	1/4 поверхности плода, в том числе пятна парши не более 1/8 поверхности плода
Зарубцевавшиеся проколы	Не допускаются	Не ограничиваются
Содержание плодов со свежими проколами,%, не более	Не допускается	10,0
Содержание плодов с одним-двумя засохшими повреждениями плодовой гнилью,%, не более	2,0	10,0

Технология производства соков предусматривает проведение технологических операций мойки, сортировки, инспекции сырья, пастеризации (80–85 градусов) или горячего розлива сока (98–100 градусов) вне зависимости от качества сырья, что предотвращает возможное появление микробиологической нестабильности продукта переработки. Отсюда следует, что большая часть падалицы может быть использована для промышленной переработки.

Анализ качественных показателей убранной плодоягодной продукции показывает, что большая часть собранного урожая является падалицей.

Так в ОАО «Остромечево» валовый сбор падалицы составляет от 38 до 40% от валового сбора (таблица 2).

Таблица 2. – Валовый сбор продукции яблоневого сада ОАО «Остромечево»

2015 год.			2016 год.			2017 год.		
Валовый сбор, тонн	Падалица, тонн	%	Валовый сбор, тонн	Падалица, тонн	%	Валовый сбор, тонн	Падалица, тонн	%
2458	934	38	1917	728	38	2421	968	40

Валовый сбор яблок в 2017 году ОАО «Рассвет им. К.П. Орловского» составил 1760 тонн, из них падалицы – 520 тонн (30%).

Ежегодный валовый сбор продукции яблоневого сада СПК имени В.И. Кремко составляет 3500 тонн, из них падалицы – 500 тонн (15%).

Объем производства яблок в 2017 году ФХ «Ольшаны» составил 6500 тонн, в том числе 600 тонн нетоварного яблока и падалицы.

Таким образом, количество урожая падалицы яблок в хозяйствах республики в разные годы составляет от 9 до 40% от валового сбора плодов или от 10,52 до 86 *тыс. тонн*.

Вся собранная в хозяйствах падалица направляется на промпереработку в собственные цеха приготовления плодоягодной продукции или на перерабатывающие предприятия страны.

Кроме того, плоды, не пригодные для промпереработки, могут быть использованы в качестве сырья (код отходов 1170201 «Овощи и фрукты, утратившие свои потребительские свойства») для биогазовых установок в соответствии с реестром объектов по использованию отходов РУП «Бел НИЦ «Экология» (биогазовые установки РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» и СПК «Рассвет» им К.П. Орловского).

В настоящее время в республике технологический процесс подбора падалицы яблок выполняются вручную, на что затрачивается 20–30% всех трудозатрат при возделывании плодов. При этом, учитывая низкую закупочную стоимость опавших плодов и подбор их вручную с земли, находится на грани рентабельности, когда оплата труда рабочих равна стоимости собранных плодов.

Очевидно, что без повышения уровня механизации технологический процесс подбора падалицы яблок и других плодов невозможно снижение себестоимости переработанной плодоягодной продукции.

В последние годы в ряде зарубежных стран освоен выпуск прицепных и самоходных машин для уборки плодов с земли различного принципа действия.

На рисунке 1 представлена самоходная машина ОВ 80R фирмы «Feucht Obsttechnik» (Германия) для сбора падалицы яблок, орехов, сливы и груши производительностью до 4 *т/ч* в зависимости от плотности плодов на поверхности [4]. Применение этой машины возможно на различных площадях как в садах, так и на промышленных фруктовых плантациях.

На рисунке 2 представлен прицепной комбайн для уборки плодов с земли Tuthill Centipede 2015 Harvester фирмы «Tuthill Tem-perley» (Англия) производительностью 15 *т/ч*.

В последнее время садоводы Республики Беларусь осваивают производство такой нетрадиционной для страны культуры как фундук (лещина крупная). По данным РУП «Институт плодородства» в 2017 году произведена закладка двух фундучных садов общей площадью 65 *га*, из них 50 *га* в Молодеченском районе, 15 *га* – в Свислочском.

На сегодняшний день существуют ручной и механизированный способы уборки урожая фундука. Механизированная уборка плантации фундука становится все более популярной. Это, главным образом, связано с необходимостью ускорения сбора орехов и снижения затрат на рабочую силу.

Возможностей механизированного сбора фундука много – от простых вибрирующих механизмов для отряхивания и до комбайнов для сбора опавших под деревьями плодов. Использо-



Рисунок 1. – Самоходная машина OB 80R для сбора падалицы яблок, орехов, сливы и груши



Рисунок 2. – Прицепной комбайн для уборки плодов с земли Tuthill Centipede 2015 Harvester производительностью 15 т/ч

зование машин для повышения производства фундука является экономически оправданным на плантациях, площадью не менее 3-4 га.

В настоящее время для уборки фундука, возделываемого в промышленных масштабах, применяются ореховые комбайны с всасывающими соплами марки CIMINA (Италия), представленные на рисунках 3 и 4. Кроме того известны самоходные ореховые комбайны SEMEK фирмы Fasta (ЮАР) и комбайны для сбора и очистки орехов JOLLY 1800, JOLLY 2800 и SUPER JOLLY итальянской компании «GF Costruzioni Macchine Agricole» (рисунки 5-7).

Технологический процесс уборки этих комбайнов основывается на всасывании орехов вместе с оболочками, листьев и другого мусора соплами. После этого собранная масса подвергается предварительной очистке при помощи вентиляторов. После очистки орехи подаются на прицеп или пакуются в мешки [5].



Рисунок 3. – Прицепной комбайн CIMINA 200 (Италия)



Рисунок 4. – Прицепной комбайн CIMINA S380T (Италия)



Рисунок 5. – Самоходный комбайн SEMEK фирмы Фаста, ЮАР



Рисунок 6. – Прицепной комбайн JOLLY 1800 фирмы GFCostruzioni Macchine Agricole, Италия

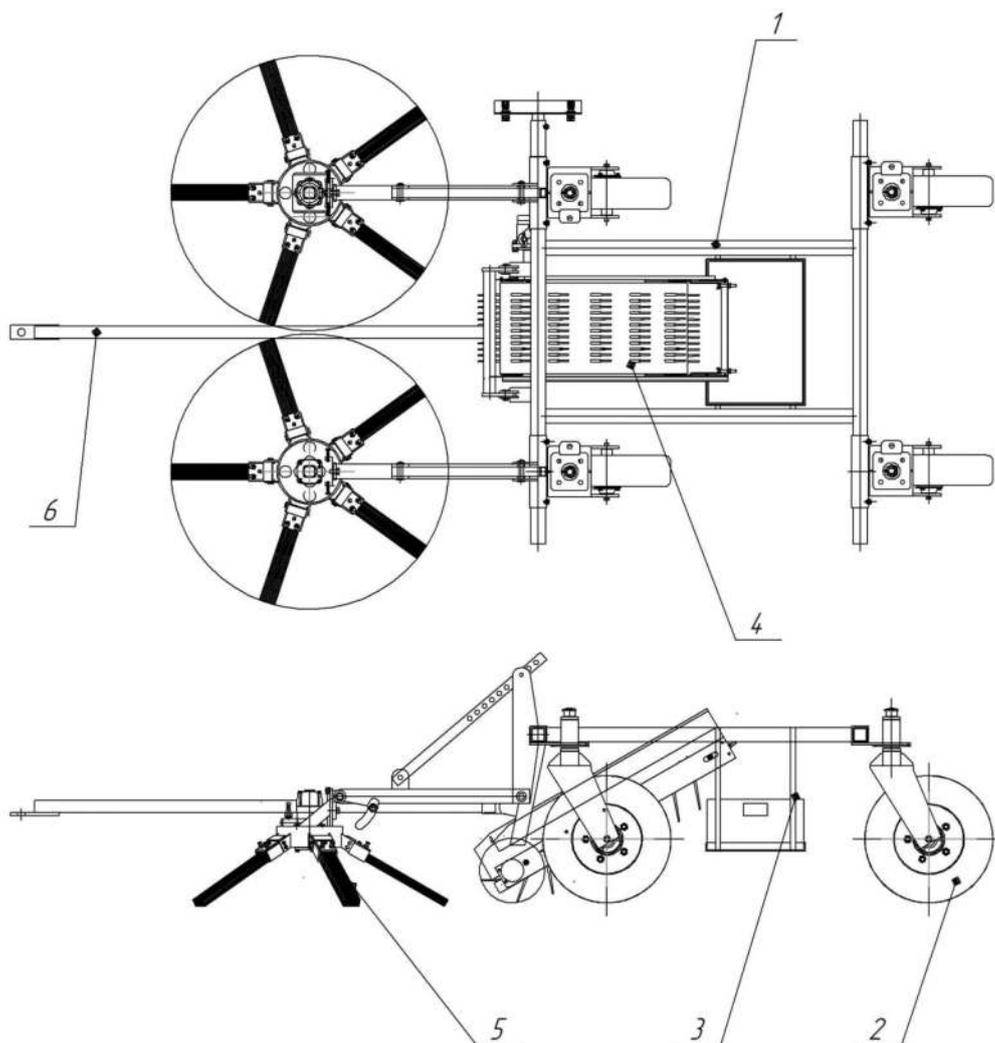


Рисунок 7. – Прицепной комбайн JOLLY 2800, фирмы GFCostruzioni Macchine Agricole, Италия

Использование орехоуборочных комбайнов позволяет значительно снизить затраты ручного труда. Так одна машина способна заменить ручной труд 50-200 человек в зависимости от производительности.

Принцип действия таких машин во многом аналогичен принципу действия подборщиков яблок, что делает возможным создание унифицированной машины.

Для решения этой задачи в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» ведутся работы по исследованию процесса механизированного подбора семечковых культур и орехов с поверхности почвы и обоснованию конструктивных и кинематических параметров подборщика плодов. На основании полученных результатов теоретических исследований разработана конструкторская документация макетного образца рабочего органа подборщика плодов,



1 – рама; 2 – ход колесный; 3 – стол; 4 – транспортер; 5 – щетка; 6 – дышло

Рисунок 8. – Схема подборщика плодов

в состав которой входят следующие узлы и детали: рама, ход колесный, стол, транспортер, щетка, дышло (рисунок 8).

Применение разработанного подборщика плодов с земли позволит повысить производительность труда в 20-40 раз по сравнению с ручным трудом и обеспечит экономический эффект от его применения до 10 000,00 руб. при среднем сроке окупаемости 2,2 года.

Таким образом, разработка и внедрение в производство машин для уборки плодов семечковых и орехоплодных культур являются актуальной агроинженерной задачей для Республики Беларусь.

Литература

1. Измайлов, А. Ю. Актуальность разработки перспективной системы машин и технологий для производства основных видов сельскохозяйственной продукции в Российской Федерации и Республике Беларусь / А.Ю. Измайлов, Я.П. Лобачевский // Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации Государственной программы развития сельского хозяйства: сб. науч. докл. Международной научно-технической конференции. – М.: ВИМ, 2015. – С. 10–14.
2. Сельское хозяйство Республики Беларусь: Статистический сборник / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Мн., 2018. – 235 с.
3. Режим доступа: <https://mshp.gov.by/programms/dc7554fa043bcbd7.html> – Дата доступа: 01.08.2018.
4. Режим доступа: <https://www.feucht-obsttechnik.de/ru/> – Дата доступа: 21.11.2018.
5. Режим доступа: <https://batkivsad.com.ua/ru/mehanizirovannaya-uborka-orehov-funduka-141/> – Дата доступа: 22.11.2018.

Н. Д. Лепёшкин, В. В. Мижурин, Д. В. Заяц

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: mehposev@mail.ru*

КОНСТРУКЦИЯ ДОЗИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ВЫСЕВА ТРУДНОСЫПУЧИХ СЕМЯН ТРАВ

В статье произведено описание конструкции дозирующего устройства для высева трудносыпучих семян трав.

Ключевые слова: дозирующее устройство, высев, трудносыпучие травы, семена, дозирование.

N. D. Lepeshkin, V. V. Mizhurin, D. V. Zajac

*SUE « SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization »,
Minsk, Republic of Belarus,
e-mail: mehposev@mail.ru*

CONSTRUCTION DOSING DEVICE FOR SEEDING HERBAL SEEDS

The article describes the design of the metering device for sowing slow-flowing grass seed.

Keywords: dosing device, sowing, slow-flowing herbs, seeds, dosing.

Введение

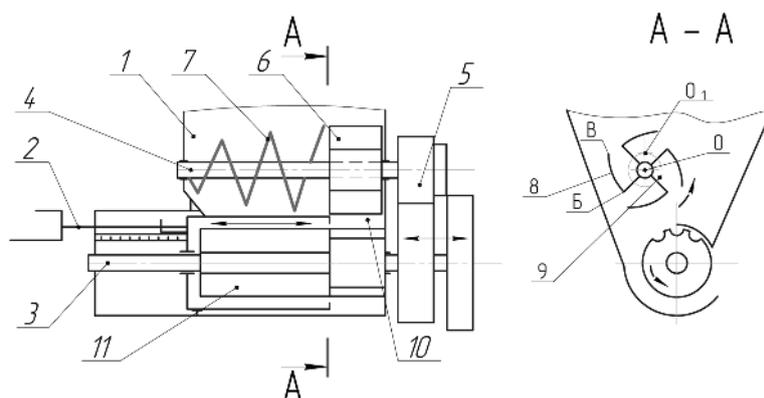
На основании анализа существующих дозаторов [1], а также на основании проведенных патентных исследований [2] было установлено, что обеспечение качественного высева трудносыпучих семян трав возможно в основном за счет применения в них активирующих элементов. Наибольшее распространение в дозирующих устройствах получили активирующие элементы [3], работа которых основана на механическом принципе действия, как наиболее простом и надежном. В связи с тем, что недостатком всех дозирующих устройств с активирующими элементами является прерывистый, порционный режим работы, снижающий равномерность высева, возникает необходимость в применении новых активирующих элементов, качественному высеву трудносыпучих семян трав.

Основная часть

С учетом выявленных преимуществ и недостатков, предлагается новая конструкция дозирующего устройства с активирующими элементами.

Предлагаемое дозирующее устройство состоит из бункера 1 с высевающим окном 10 (рисунок 1), катушечно-желобчатого дозатора 11 установленного на валу 3, устройства регулировки заданной нормы дозирования посевного материала 2 с возможностью перевода дозатора 11 из «нормального высева» в «микровысев».

Лопастного нагнетателя 6 состоящего из лопастей 8, установленного над высевающим окном 10, конического спирального элемента 7. Лопастной нагнетатель 6 и конический спиральный элемент 7 установлены на общем валу 4 в бункере 1. Привод катушечно-желобчатый дозатор 11 и активирующие элементы 6 и 7 получают через блок шестерен 5, который предусматривает возможность их перевода с «нормального высева» в «микро высев». Лопасти 8 нагнетателя 6 в поперечном сечении имеют цилиндрический профиль с центром вращения O_1 образующей, расположенным на окружности 9, сосной с центром O вала 4, а радиус вращения передней B грани лопасти меньше радиуса вращения задней B грани. Форма лопастей 8 нагнетателя 6 и их пространственное расположение обеспечивают угол скольжения уплотняющей поверхности



1 – бункер; 2 – устройство регулировки заданной нормы дозирования посевного материала; 3, 4 – вал; 5 – блок шестерен; 6 – нагнетатель; 7 – конический спиральный элемент; 8 – лопасти; 9 – окружность; 10 – высевающее окно; 11 – катушечно-желобчатый дозатор

Рисунок 1. – Схема предлагаемого дозирующего устройства с активирующими элементами

меньше угла трения посевного материала. Этим исключается возникновение послышного сдвига, происходит полное заполнение желобков катушечно-желобкового дозатора 11, тем самым повышается устойчивость высева.

Дозирующее устройство работает следующим образом.

Вначале определяется необходимая норма дозирования посевного материала на гектар. Затем, посредством устройства 2, устанавливается необходимая длина катушечно-желобчатого дозатора 11, обеспечивающая заданную норму дозирования. При необходимости дозатор 11 и блок шестерен 5 переводят в «микро высев» (зависит от заданной нормы дозирования). После чего посевной материал засыпается в бункер 1, дозатор 2, нагнетатель 6 и конический спиральный элемент 7 получают привод через блок шестерен 5. При этом спиральный элемент 7 обеспечивает ворошение посевного материала, и препятствуют сводообразованию, подает его в высевающее окно 10 бункера 1. Одновременно лопасти 8 нагнетателя 6, вследствие разности между радиусами вращения их передней Б и задней В граней, начинают подуплотнять посевной материал в высевающем окне 10 после пересечения передней гранью Б горизонтальной плоскости, проходящей через центр вращения О вала 4. Максимальное подуплотнение посевного материала будет происходить при прохождении задней грани В лопастей 8 нагнетателя 6 вертикальной плоскости, проходящей через центр О вала 4.

Заключение

Предложенная конструкция дозирующего устройства позволяет производить высев всех видов семян трав в соответствии с агротребованиями. Так же данная конструкция дозирующего устройства защищена патентом на полезную модель [4].

Литература

1. Н. Д. Лепешкин, Д. В. Заяц, В. В. Мижурин. Анализ дозирующих устройств посевных машин и определение пути их совершенствования для высева трудносыпучих семян трав. // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск. – 2018. – Вып. 51. – С. 114–119.
2. Н. Д. Лепешкин, Д. В. Заяц, В. В. Мижурин. Исследование уровня патентования дозирующих устройств // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск. – 2018 – Вып. 51. – С. 103–106.
3. Отчет о научно-исследовательской работе (промежуточный) на тему: «Исследование процесса высева трудносыпучих семян трав и обоснование параметров элементов дозирующих устройств» этап 01.3. – Минск: РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», 2016. – 19 с.
4. Пат. 8622 ВУ А01 С7/12. Высевающий аппарат / Н. Д. Лепешкин, А. Л. Медведев, Ю. Л. Салапура, Д. В. Зубенко, В. В. Мижурин – заявл. и 20120290; опубл. 30.10.2012.

А. Н. Юрин¹, к. т. н. доц., **Г. А. Прокопович²**, к. т. н.,
В. К. Клыбик¹, к. т. н. доц., **В. В. Викторovich¹**

¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь,
e-mail: anton-jurin@rambler.ru, lab_plodoyagoda@mail.ru
²ОИПИ НАН Беларуси,
г. Минск, Республика Беларусь,
prakapovich@newman.bas-net.by

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ДЕФЕКТОВ ПЛОДОВ РАЗЛИЧНЫХ КУЛЬТУР ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ СОРТИРОВКИ И ФАСОВКИ ЯБЛОК ЛПС-4

В статье представлено разработанное техническое решение системы технического зрения для распознавания дефектов плодов различных культур экспериментального образца технологической линии сортировки и фасовки яблок ЛПС-4. Представлено его устройство и работа. Приведена техническая характеристика.

Ключевые слова: технологическая линия, система технического зрения, механический защищённый корпус, видеокамера машинного зрения, структурированная подсветка.

A. N. Jurin¹, PhD in Engineering sciences, Assoc. Prof.
G. A. Prokopovich², PhD in Engineering sciences
V. K. Klibik¹, PhD in Engineering sciences, Assoc. Prof.
V. V. Viktorovich¹

¹RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»,
Minsk, Republic of Belarus,
e-mail: anton-jurin@rambler.ru, lab_plodoyagoda@mail.ru
²UIIP NASB, Minsk, Republic of Belarus,
e-mail: prakapovich@newman.bas-net.by

DEVELOPMENT OF A TECHNICAL VISION SYSTEM FOR RECOGNITION OF DEFECTS OF FRUITS OF VARIOUS CULTURES OF THE TECHNOLOGICAL LINE FOR SORTING AND PACKING APPLES LPS-4

The article presents the developed technical solution of the technical vision system for recognizing fruit defects of various crops of an experimental sample of the production line for sorting and packing apples LPS-4. Presented is his device and work. The technical characteristic is given.

Keywords: technological line, vision system, mechanical protected case, machine vision video camera, structured illumination.

Современное сельское хозяйство невозможно представить без применения систем автоматизации производственных процессов. Внедрение электронных инноваций дает возможность значительно увеличить производственные мощности, а, следовательно, и объёмы продаж продукции, что положительным образом сказывается на чистой прибыли предприятия.

Важной операцией послеуборочной обработки плодов является их сортировка по показателям качества. Механические повреждения: подкожная пятнистость, побурение кожицы и др., а также повреждения, вызванные вредителями или болезнями, снижают товарное качество плодов и уменьшают сроки их хранения.

В связи с повышением урожайности плодовых насаждений и недостатком квалифицированных рабочих, занятых в послеуборочной обработке плодов, возникает необходимость в авто-

матизации технологического процесса сортировки плодов по качеству, в частности сортировки плодов по механическим повреждениям и повреждениям, вызванным вредителями. Это обусловлено тем, что разработанные к настоящему времени способы и устройства сортировки плодов по качеству, проблему сортировки по механическим повреждениям, как правило, не решают.

Первые работы в области автоматической сортировки плодов были посвящены отдельным вопросам распознавания образов и разработке сортировочных устройств по цвету как определяющему показателю качества зрелости томатов, яблок, цитрусовых и других аналогичных продуктов. Эти устройства были основаны на известных принципах построения интегральных опико-электронных приборов в одном или нескольких спектральных диапазонах оптического излучения.

Дальнейшим развитием подобных систем были попытки создать сортировочные системы для дифференциальных показателей качества: пятен, повреждений, болезней, проколов и т.п. Первоначально такие распознающие системы создавались на базе опико-механических сканирующих устройств, а затем и телевизионных монохромных и спектрально-анализирующих устройств с использованием телевизионных датчиков вакуумных и твердотельных приборов с зарядовой связью (ПЗС).

По мере совершенствования видеодатчиков, особенно цветных на базе ПЗС-матриц, а также электронных средств обработки видеосигналов, распознающие системы для сортировочных устройств приобретали все более универсальный характер. Количество показателей качества, определяемых одним устройством, росло, а надежность достигла уровня, когда их можно было уже применять в реальных условиях современного производства – в плодоовощехранилищах и перерабатывающих предприятиях.

Таким образом, препятствием на пути сортирования плодов до недавнего времени являлось отсутствие надежных средств съема оптической информации с поверхности плода и средств манипуляции плодом в процессе его осмотра в минимальной степени повреждающих плоды.

Для решения этой задачи РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» совместно с ОИПИ НАН Беларуси была разработана система технического зрения для распознавания дефектов плодов различных культур в составе экспериментального образца технологической линии сортировки и фасовки яблок ЛПС-4 (далее СТЗ).

В основу работы системы классификации СТЗ положен принцип визуального анализа данных [1], согласно которому, полученные с видеокamеры изображения движущихся по конвейеру плодов, обрабатываются и формируются в образы с последующей классификацией и выдачей соответствующего управляющего сигнала блоку управления технологической линией сортировки и фасовки яблок. Последний активизирует исполнительное устройство, которым является приводимый в движение электричеством рабочий орган, установленный на транспортёре и не включаемый в состав данной СТЗ (рисунок 1). Таким образом, исполнительное устройство воздей-

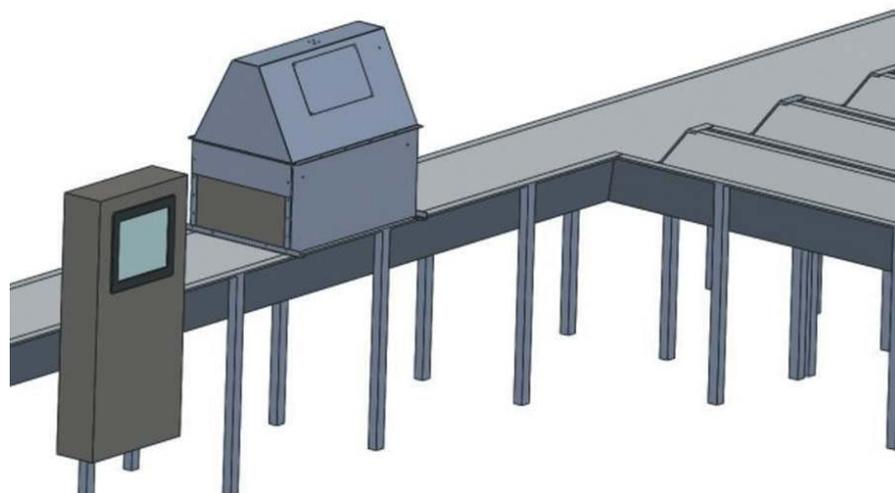


Рисунок 1. – Общий вид автоматизированной сортировочной станции плодов

ствует на ложемент транспортера, в котором находится соответствующий плод, для подачи его на поперечный (упаковочный) конвейер соответствующего сорта.

По показателям качества яблоки должны соответствовать требованиям СТБ 2288-2012 «Яблоки свежие поздних сроков созревания. Технические условия» (таблица 1). Причём все остальные плоды, которые не попадают под описание указанных классов, считаются браком.

Таблица 1. – **Характерные признаки плодов по трём сортам**

Наименование показателя	Характеристика и требования для товарного сорта		
	высшего	первого	второго
Внешний диаметр плода (регулируется оператором)	от 65 до 75 мм	от 55 до 65 мм	от 50 до 55 мм
Механические повреждения	Не допускаются	Не более двух градобоин	Не более пяти градобоин
Повреждения вредителями	Не допускаются	Допускаются плоды с одним-двумя зажившими повреждениями не более 20 мм ²	Допускаются плоды с одним-двумя зажившими повреждениями не более 40 мм ²
Отсутствие плодоножки	Допускается		

Разработанная СТЗ представляет собой сложное распределённое техническое устройство, состоящее из двух основных корпусных элементов, задающих внешние габариты всего изделия:

– механического защищённого корпуса с установленными в нем видеокамерой машинного зрения и структурированной подсветкой, которая монтируется над линейным транспортёром плодов;

– защищённого электрического шкафа, в котором устанавливаются вычислительный модуль и сенсорный монитор.

Механический защищённый корпус (рисунок 2) с установленными в него видеокамерой машинного зрения и структурированной подсветкой монтируется над линейным транспортёром плодов как указано на общем виде секции технологической линии сортировки и фасовки яблок ЛПС-4 (рисунок 3).

Механический защищённый корпус представляет собой составное каркасное изделие, состоящее из двух функционально различных зон, разделённых между собой стеклом.

Корпус предназначен для выполнения трёх функций:

– фиксации видеокамеры машинного зрения и структурированной подсветки на определённом расстоянии от линейного транспортёра, перемещающего плоды;

– обеспечение пыле- и влагозащиты видеокамеры машинного зрения;

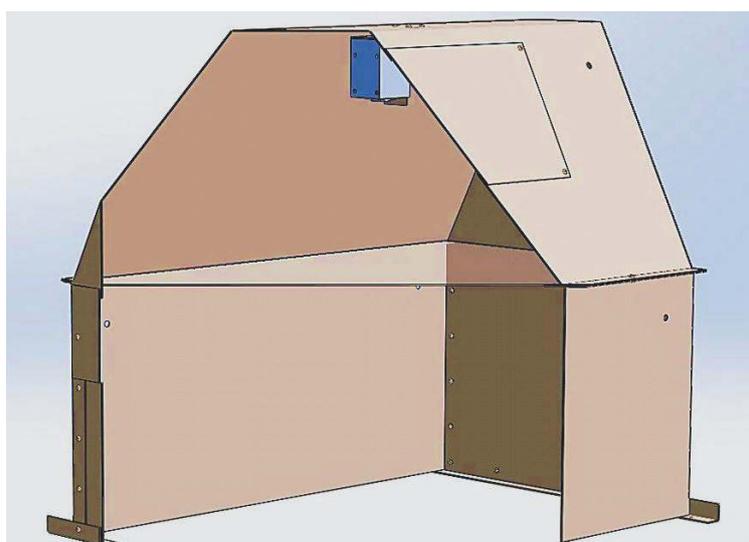


Рисунок 2. – 3Д-модель внешнего вида сборного механического защищённого корпуса

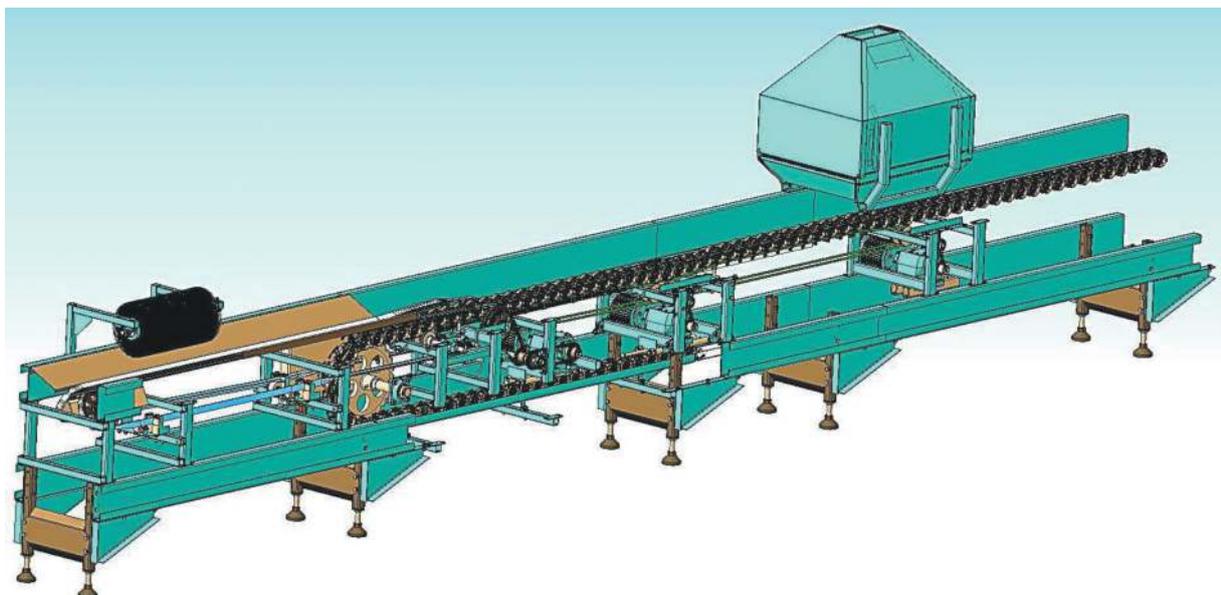
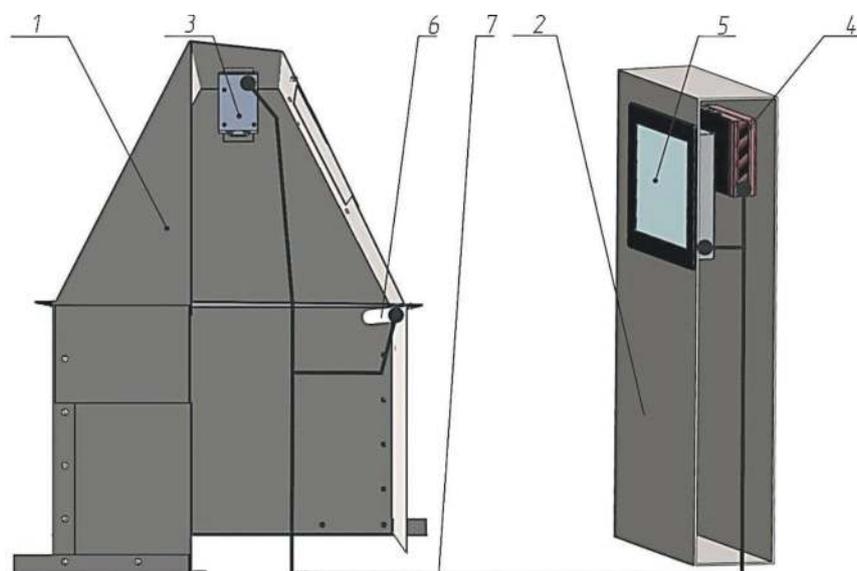


Рисунок 3. – 3Д-модель внешнего вида секции технологической линии сортировки и фасовки яблок ЛПС-4



1 – механический защищённый корпус; 2 – защищённый электрический шкаф;
 3 – видеочамера машинного зрения; 4 – вычислительный модуль;
 5 – сенсорный монитор; 6 – структурированная подсветка;
 7 – система коммутации между модулями.

Рисунок 4. – Схема расположения основных функциональных модулей СТЗ

– перекрытие доступа попадания на анализируемые видеочамерой машинного зрения яблоки стороннего света, кроме собственной структурированной подсветки.

Функциями защищённого электрического шкафа являются:

- фиксация сенсорного монитора на расстоянии от 1500 до 1600 мм от пола, чтобы оператору было удобно производить требуемые настройки СТЗ;
- фиксация вычислительного модуля с остальными элементами управления всей автоматизированной технологической линии сортировки и фасовки яблок.

Последовательность и расположение основных функциональных модулей СТЗ показаны на схеме, представленной на рисунке 4.

Основные технические характеристики СТЗ представлены в таблице 2.

Таблица 2. – Основные характеристики разрабатываемой СТЗ

Наименование показателя	Показатель	Значение показателя
1 Тип машины	–	стационарная
2 Количество анализируемых рабочих потоков	<i>шт</i>	Не более 1
3 Скорость движения подающего устройства (транспортёра)	<i>м/с</i>	от 0,1 до 0,7
4 Частота вращения яблок в зоне оптического модуля	<i>Гц</i>	от 1 до 3
5 Скорость потока яблок на конвейере	<i>шт/с</i>	от 6 до 7
6 Рабочее напряжение электросети	<i>В</i>	220 В, +22/-33 В
7 Влажность воздуха в рабочем помещении	<i>%</i>	от 65 до 75
8 Температура окружающей среды в рабочем помещении	<i>°С</i>	от 16 до 20
9 Перепад температуры	<i>°С/ч</i>	от 1 до 2
10 Допустимое количество ошибок распознавания	<i>%</i>	10

Смонтированный прототип системы технического зрения для распознавания размеров и дефектов плодов различных культур экспериментального образца технологической линии сортировки и фасовки яблок изображён на рисунке 5.



Рисунок 5. – Внешний вид разработанного прототипа системы технического зрения

Для выполнения заложенных в систему технического зрения функций была разработана программная система классификации яблок на видеопоследовательности по трём сортам, которая включает алгоритм сегментации, алгоритм трекинга, алгоритм определения диаметра, нейросетевой алгоритм распознавания [3]. Также была сформирована обучающая выборка для обучения искусственной нейронной сети, которая распознаёт повреждения на яблоках и вычисляет размер дефектов.

Проведённые предварительные испытания на прототипе экспериментального образца технологической линии сортировки и фасовки яблок показали достаточно хорошие результаты как самих алгоритмов распознавания, так и оптимально подобранного состава комплектующих системы технического зрения.

Литература

1. Родиков, С. А. Электронно-оптический контроль при обработке и хранении плодов: автореферат дис. кандидата технических наук: 05.13.07 / ВНИИ садоводства им. И. В. Мичурина. – Мичуринск, 1995. – 22 с.: ил.
2. Прокопович, Г. А. Разработка системы технического зрения для сервисного мобильного робота / Г. А. Прокопович // Третий всероссийский научно-практический семинар «Беспилотные транспортные средства с элементами искусственного интеллекта», Инно-полис, Республика Татарстан, 22 – 23 сентября 2015 г. / Ун-т иннополис, редкол.: В.Е. Павловский [и др.] – Иннополис, 2016. – С. 127–136.
3. Чигорин, А. Классификация автодорожных знаков на основе свёрточной нейросети, обученной на синтетических данных / А. Чигорин, Б. Моисеев // The 22nd International Conference on Computer Graphics and Vision, Москва, Россия, 1–5 октября 2012 г. – С. 284–287.

УДК 631.33.022.1

Поступила в редакцию 02.07.2019
Received 02.07.2019

Н. Д. Лепёшкин, В. В. Мижурин, Д. В. Заяц

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь,
e-mail: mehposev@mail.ru*

ИССЛЕДОВАНИЕ ДОЗИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ТИПА «ACCORD» ПРИ ВЫСЕВЕ ТРУДНОСЫПУЧИХ СЕМЯН ТРАВ

В статье произведены результаты исследования дозирующего устройства типа «Accord» при высевах трудносыпучих семян трав.

Ключевые слова: экспериментальная установка, трудносыпучие семена трав, неустойчивость высева, коэффициент вариации.

N. D. Lepeshkin, V. V. Mizhurin, D. V. Zajac

*SUE “SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization”,
Minsk, Republic of Belarus,
e-mail: mehposev@mail.ru*

RESEARCH OF THE ACCORD TYPE DOSING DEVICE AT DOSING HARD-BREEDDED HERBAL SEEDS

The article presents the results of the study of the Accord type metering device when sowing slow-flowing grass seed.

Keywords: experimental setup, difficult-flowing grass seeds, seeding instability, coefficient of variation.

Введение

В настоящее время в республике для посева сельскохозяйственных культур применяется широкий парк посевных машин с механической и пневматической высевающей системой, предназначенных для высева как семян зерновых культур, трав и их смесей, так и для одновременного высева семян и удобрений. Так, по данным Министерства сельского хозяйства и продовольствия по состоянию на 01.01.2018 г., соотношение различных видов средств механизации, применяемых для посева в Республике Беларусь, следующее: посевные машины с пневматической системой высева – 92%, с механической – 8%. Однако главным недостатком присущим всем системам высева, при высевах трудносыпучих семян трав, в частности ежа сборная, кострец безостый, райграс пастбищный, является неустойчивость высева, которая превышает агротехнически допустимые 10% [1]. Последствиями этого являются нерациональный расход семенного материала, снижение урожайности.

За качественный показатель устойчивости процесса высева трудносыпучих семян трав во всех высевающих системах отвечает дозирующее устройство. Наибольшее распространение на посевных машинах, применяемых в РБ, получило дозирующее устройство типа «Accord».

Однако данные по исследованию влияния конструктивных параметров дозирующего устройства типа «Accord» на неустойчивость процесса высева трудносыпучих семян трав отсутствуют, и такие исследования ранее не проводились. Поэтому проведение исследований с целью получения таких данных является актуальными, т.к. в дальнейшем они могут быть использованы при разработке конструкции нового дозирующего устройства, которое позволит производить высев трудносыпучих семян трав в соответствии с агротребованиями.

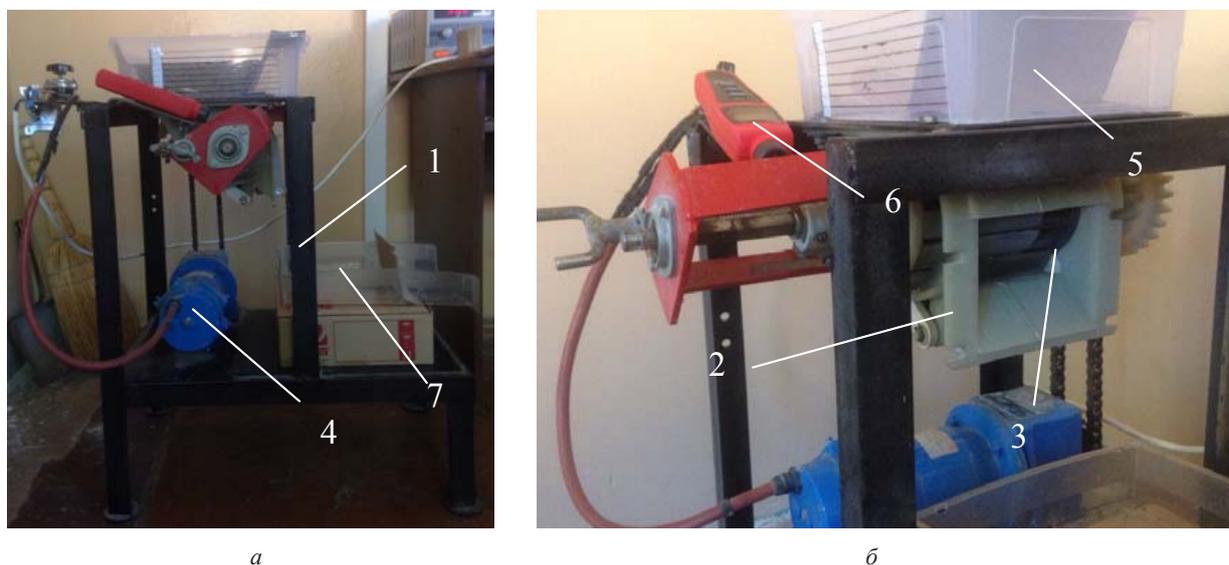
Результаты исследований

При исследовании дозирующего устройства типа «Accord» изучалась только его качественная характеристика – неустойчивость процесса высева семян (коэффициент вариации), которая должна находиться в пределах до 10% [1].

Для проведения исследований была разработана и изготовлена экспериментальная установка для изучения процесса дозирования семян (рисунок 1).

Установка состоит из рамы 1, на которую устанавливается дозирующее устройство типа «Accord» 2 с желобчатой катушкой 3, электропривода 4, бункера 5, тахометр электронный 6, емкости для отбора проб 7.

В качестве дозатора 2 для дозированной подачи семян трав используется желобчатая катушка 3 с механизмом регулировки нормы высева (рисунок 2).



а – вид установки сбоку; *б* – вид установки спереди.
 1 – рама; 2 – дозирующее устройство типа «Accord»; 3 – желобчатая катушка; 4 – электропривод;
 5 – бункер; 6 – тахометр электронный; 7 – емкость для отбора проб

Рисунок 1. – Общий вид установки для дозирования семян



Рисунок 2. – Механизм регулировки нормы высева



1 – электродвигатель; 2 – редуктор
Рисунок 3. – Электропривод

Вращение желобчатой катушки осуществляется посредством электропривода 4, который представляет собой электродвигатель 1 (рисунок 3) с редуктором 2, который позволяет изменять частоту вращения катушки 3 (рисунок 1).

Рабочий процесс на установке осуществляется следующим образом. До начала работ необходимо установить заданную норму высева посредством механизма регулировки нормы высева (рисунок 2), который увеличивает или уменьшает рабочую длину желобчатой катушки 3 (рисунок 1). Затем засыпается посевной материал в бункер 5. После этого можно начинать работу.

Вращение от электропривода 3 через цепную передачу 1 и приводные шестерни 2 (рисунок 4) передаётся дозирующему устройству 2.

Далее, семена из бункера 5, расположенного над дозирующим устройством 2, поступают в него самотеком. В дозирующем устройстве 2 семена подают к желобкам катушки 3. Далее семена из дозирующего устройства 2 поступают в приемную емкость 7 для дальнейшего их взвешивания и определения устойчивости высева семян.

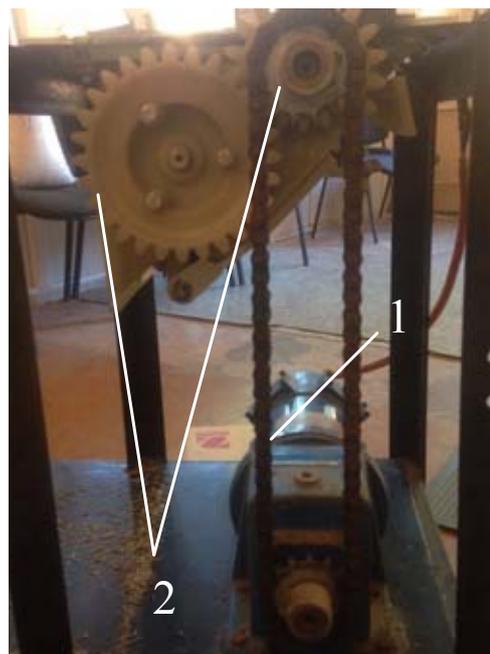
Для изменения частоты вращения дозирующего устройства 2 предусмотрена возможность установки в цепной передаче 1 (рисунок 4) сменных звёздочек с различным числом зубьев, а также с помощью регулятора мощности постоянного тока, установленного в цепи питания электродвигателя (не показан), что позволяет имитировать различную поступательную скорость перемещения посевной машины.

Для измерения параметров и контроля за процессом дозирования семян применяются следующие приборы (рисунок 5): частота вращения желобчатой катушки, а также учет количества её оборотов осуществляется с помощью тахометра электронного; определение веса отобранных проб семян – с помощью электронных весов Scout Pro с точностью до 0,01 грамм.

Для получения более достоверных данных дополнительно было проведено исследование зависимости – неустойчивость высева семян от высоты их насыпи в бункере.

Исследования проводились в следующей последовательности:

- 1) устанавливалась заданная норма высева трудносыпучих семян трав;
- 2) бункер заполнялся семенами на заданный уровень (рисунок 7);
- 3) происходил запуск установки и через определенное количество оборотов желобчатой катушки установка выключалась. Количество оборотов желобчатой катушки устанавливалось



1 – цепная передача; 2 – приводные шестерни
Рисунок 4. – Привод дозирующего устройства



a



б

a – тахометр электронный; *б* – электронные весы Scout Pro

Рисунок 6. – Измерительный приборы

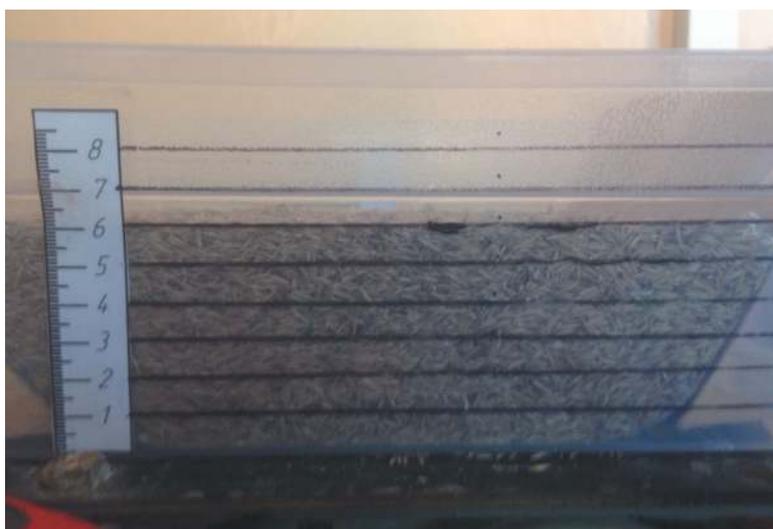


Рисунок 7. – Заполнение бункера семенами на заданный уровень

в 21 оборот, что соответствовало высеву семян на площади равной 0,025 га (для упрощения процесса взвешивания проб) и с частотой вращения равной скорости движения посевной машины по полю равной 10 км/ч;

4) взвешивание отобранной пробы и обработка полученного результата.

Показатели качества выполнения технологического процесса посева определяли на каждой из заданных норм посева (минимальной, хозяйственной и максимальной). Для каждой из норм посева устанавливалась заданная высота насыпи посевного материала в бункере (3-я, 6-я и 8-я высота) по соответствующей шкале, расположенной на бункере (рисунок 7). Отбор проб производили не менее чем в трехкратной повторности на каждой заданной норме посева и заданной высоте. Семена, высеянные дозирующим устройством, собирали в емкость и определяли их массу.

Обработка экспериментальных данных, связанных с неустойчивостью посева трудносыпучих семян трав, предусматривала вычисление:

– среднего значения исследуемого параметра

$$x_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^{n_c} x_i}{n_c},$$

где i – номер дозирующего устройства;

n_c – количество дозирующих устройств, шт.;

x_{cp} – среднее значение параметра (масса посевного материала), г.

– среднего квадратического отклонения

$$S_M = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_c} (x_i - x_{cp})^2}{n_c - 1}}.$$

– коэффициента вариации

$$v = \frac{S_M}{x_{cp}}.$$

Полученные результаты исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Результаты исследований дозирующего устройства типа «Accord» при высеве трудносыпучих семян трав

Заданный уровень посевного материала	Ежа сборная			Кострец безостый			Райграс пастбищный		
	Норма высева, кг/га			Норма высева, кг/га			Норма высева, кг/га		
	5	7	10	5	7	9	6	10	14
	Коэф. вариации, v%			Коэф. вариации, v%			Коэф. вариации, v%		
3	51,94	33,35	30,33	24,07	35,02	25,41	9,57	4,57	0,34
6	59,12	26,99	17,53	37,45	53,42	24,34	40,53	1,24	0,55
8	96,8	11,79	12,5	28,71	42,65	50,19	2,09	3,43	0,27
Среднее значение v, %	69,29	24,04	20,12	30,08	43,70	33,31	17,40	3,08	0,39
Итоговое значение v, %	37,82			35,70			6,95		

Заключение

На основании полученных результатов (таблица 1) можно сделать следующие выводы:

1) серийное дозирующее устройство катушечного типа «Accord», которое устанавливается на посевных машинах не пригодно для высева трудносыпучих семян трав, т.к. коэффициент вариации (неустойчивость высева) составляет более 10%;

2) при установке заданной нормы высева, в соответствии с инструкцией настройки дозирующего устройства типа «Accord», невозможно добиться установки, какой-либо нормы высева при дозировании семян таких трав как ежа сборная и кострец безостый, так как не происходит процесс дозирования семян: семена не захватываются желобками катушки. Решением данной проблемы является перевод желобчатой катушки на высев зерновых культур, т.е. увеличение объема желобков самой катушки, что противоречит инструкции по эксплуатации дозирующего устройства.

Однако даже при такой переналадке дозирующего устройства отклонение от фактически заданной нормы высева и установленной превышает заданное агротехническое значение в 10% [1];

3) в процессе дозирования трудносыпучих семян трав происходит ярко выраженное сводообразование в виде колодца (рисунок 8), стенки которого не осыпаются, что приводит к порционной подачи семян к желобкам катушки.



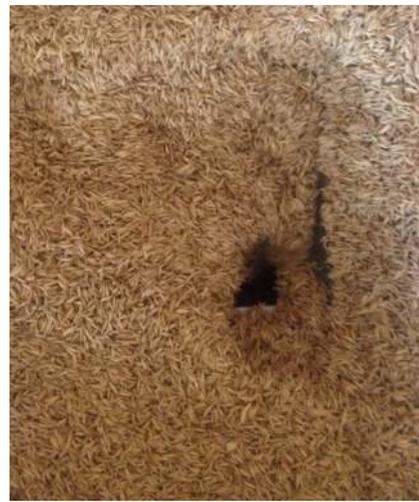
a



б



в



г

a – вид семян расположенных в бункере установке до начала процесса дозирования; *б* – вид семян, расположенных в бункере установке в начале процесса дозирования; *в* – вид семян, расположенных в бункере установке в процессе дозирования; *г* – вид семян расположенных в бункере установке в конце процесса дозирования.

Рисунок 8. – Процесс сводообразования в виде колодца при дозировани трудносыпучих семян трав на примере ежи сборной

В свою очередь все это сказывается на устойчивости высева, а в дальнейшем и на распределение семян в самом рядке;

4) высота насыпи семян в бункере не влияет на значение устойчивости высева.

Литература

1. Машины посевные и посадочные. Правила установления показателей назначения: ТКП 078 – 2007. – Введ. 06.08.2007 – Минск: Беларус. научн. ин-т внедрения новых форм хозяйствования в АПК, 2007. – 40 с.

А. Н. Юрин, к. т. н., доц., В. В. Викторovich

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь,
e-mail: anton-jurin@rambler.ru, lab_plodoyagoda@mail.ru*

ПРОБЛЕМА МЕХАНИЗИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ МЕЖДУРЯДИЙ И РЯДОВ ПИТОМНИКОВ И ЯГОДНИКОВ

В статье поднят вопрос борьбы с сорняками в питомниководстве. Представлен краткий обзор средств механизации для обработки почвы в питомниках и ягодниках.

Ключевые слова: плодоводство, посадочный материал, сорные растения, средства механизации, высококлиренсное энергетическое средство, культиватор пропашной.

A. N. Jurin, V. V. Viktorovich

*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»,
Minsk, Republic of Belarus,
e-mail: anton-jurin@rambler.ru, lab_plodoyagoda@mail.ru*

THE PROBLEM OF MECHANIZED PROCESSING OF INTERFACE AND RANKS OF KENNELS AND BERRIES

The article raises the issue of weed control in the nursery. A brief overview of the means of mechanization for tillage in nurseries and berry fields is presented.

Keywords: fruit growing, planting material, weeds, means of mechanization, high-clearance energy means, cultivated torus.

Введение

Отрасль плодоводства представляет собой базис устойчивого функционирования и развития всего плодово-ягодного подкомплекса Республики Беларусь. Не являясь ведущей в сельском хозяйстве страны, она имеет значительный потенциал для дальнейшего развития и повышения эффективности производства высококачественной конкурентоспособной продукции с ориентацией на экспорт при достаточно высоком уровне рентабельности.

В плодоводстве повышение урожайности плодовых и ягодных культур и снижение себестоимости продукции связано с дальнейшим совершенствованием технологии производства посадочного материала, где основной проблемой является борьба с сорной растительностью.

Создание благоприятных условий для функционирования корневой системы посадочного материала плодовых культур за счет уничтожения сорной растительности в междурядьях и околоштамбовой зоне – одна из главных задач ухода за почвой в питомнике. Только в этом случае может стать эффективным весь комплекс агротехнических мероприятий по получению высоких стабильных урожаев плодов и ягод в будущем.

Объекты и методы исследований

Объектом исследований являлись существующие средства механизации для уничтожения сорняков и рыхления почвы в междурядьях плодовых питомников и ягодников. При исследованиях применялся абстрактно-логический метод.

Результаты исследований

В связи с планируемым увеличением производства плодов и ягод увеличивается и роль питомников, которые обеспечивают садоводческие хозяйства высококачественным посадочным материалом заданного сортимента. Без выращивания саженцев невозможно достигнуть необходимой сортосмены и замены возрастных посадок в саду.

Вопросу борьбы с сорняками в питомниководстве последнее время уделяется большое внимание, поскольку на сильно засоренных посадках невозможно получить должную отдачу от всех приемов интенсификации питомниководства [1].

Сорняки снижают зимостойкость растений, являются резерваторами многих вредителей и возбудителей болезней. Активность микробиологических процессов в почве на засоренных участках также снижается.

Сорные растения обладают большей пластичностью и устойчивостью к поражению болезнями и вредителями; имеют мощнейшую корневую систему; способны извлекать питательные вещества и воду из глубоких слоев почвы; успешно соседствуют с культурными растениями. Развитая корневая система сорных растений механически ограничивает распространение корневых систем культурных растений. Все это отрицательно сказывается на росте и развитии саженцев плодовых и ягодных культур, а также приводит к ухудшению качественных показателей посадочного материала [2].

В настоящее время процесс прополки междурядий и рядов в питомниках и ягодниках осуществляется преимущественно вручную, что является очень трудоемкой и дорогостоящей операцией, на выполнение которой затрачивается до 100 чел.ч/га, что эквивалентно 10-15% общих затрат ручного труда в технологии возделывания плодоягодных культур.

Если учесть, что в 2018 году, в Республике Беларусь, было произведено около 1,5 млн штук саженцев плодовых и более 4,5 млн штук саженцев ягодных растений [3,4], то общие затраты ручного труда – в денежном эквиваленте – на производство вышеозначенного посадочного материала, при среднемесячной заработной плате в растениеводстве в 799,90 рублей [5] и среднемесячной норме планового фонда рабочего времени 167,3 часа [6], составят около 6263712,00 руб./месяц.

Таким образом, очевидно, что без применения эффективных мер борьбы с сорняками, получить высококачественный посадочный материал, необходимый для дальнейшей интенсификации садоводства, – довольно затруднительно.

Агротехнические требования, предъявляемые к выполнению технологических операций в плодоягодных питомниках, имеют ряд существенных отличий от таковых в садах и ягодниках интенсивного типа: поверхностное расположение корневой системы растений, узкие междурядья, небольшое расстояние между растениями в ряду, недостаточная ширина колеи для свободного прохода машинно-тракторного агрегата. Поэтому в питомниках зачастую возникает проблемная ситуация, при которой эффективное использование машин, предусмотренных системой сельскохозяйственных машин и орудий для механизации работ в плодоводстве, затруднительно.

Для решения этой проблемы в настоящее время применяют агротехнические, биологические и химические методы защиты растений от сорняков [7].

Агротехнические меры борьбы с сорняками – это уничтожение сорняков механическими способами с помощью режущих рабочих органов орудий во время основной, предпосевной, междурядной обработки и ручной прополки, а также точный выбор растениеводческих параметров, технологии мероприятий и системы земледелия, способствующих хорошему развитию культивируемых растений и угнетению сорняков. Агротехнические методы являются основными в современном интенсивном земледелии и считаются более дешевыми по сравнению с другими способами. Кроме того, эти методы хорошо сочетаются с основными мероприятиями обработки почвы.

При биологическом методе используются вирусы, бактерии, грибы, насекомые, клещи, нематоды, птицы, грызуны, растения и другие живые организмы с целью избирательного истребления сорной растительности, которые не наносят ощутимого вреда урожаю культур. Этот способ имеет свои преимущества и недостатки. С одной стороны, он достаточно дешев и при правильном применении эффективен на протяжении длительного времени. С другой стороны,

очень сложно правильно подобрать организмы, которые, сдерживая развитие сорного растения, не приносили бы вреда самим культурам.

В системе борьбы с сорной растительностью в настоящее время предпочтение отдается применению гербицидов – химических веществ, уничтожающих или подавляющих сорняки. Однако, несмотря на накопленный опыт применения гербицидов и важные достижения в этой области, использование гербицидов в питомниководстве остается ограниченным ввиду чувствительности посадочного материала ко многим гербицидам, угнетающим рост и развитие молодых растений [8,9]. Кроме того, полный отказ от механической обработки ведет зачастую к негативным последствиям. Развивается эрозия почвы, а на тяжелых почвах нарушается водная и воздушная проницаемость, что в конечном итоге отрицательно сказывается на росте растений. Следует также иметь в виду, что боязнь остаточных явлений заставляет применять гербициды выборочного действия, которые уничтожают один из видов сорняков, но его тут же замещают другие, на которые данный гербицид действует мало или совсем не действует. Поэтому, несмотря на очевидные преимущества химических методов защиты, полностью отказаться от механической борьбы с сорняками даже на легких почвах не представляется возможным.

Основным недостатком существующих средств механизации для обработки почвы в питомниках и ягодниках является отсутствие эффективных рабочих органов для рыхления почвы и уничтожения сорной растительности в околотамбовой зоне, качество обработки которой непосредственно сказывается на качестве посадочного материала.

Кроме того, применяемые в большинстве хозяйств механизированные технологии возделывания плодовых питомников и ягодников, являются многооперационными, и на каждую операцию выпускается отдельная машина. Отсюда крайняя напряженность технологических процессов, многочисленность операций и технических средств, весьма скромные результаты по сокращению затрат труда и росту производства продукции.

Создание технических средств механизации для питомников и ягодников осложняется из-за отсутствия высококлиренсного энергетического средства (ВЭС) с двигателем необходимой мощности.

Применение высококлиренсных самоходных машин на базе шасси Т-16 не дало желаемых результатов, так как мощность двигателей этих шасси не позволяет эффективно использовать их при уходе за питомниками, междурядной обработке, особенно машинами с фрезерными рабочими органами. Их можно использовать лишь на работах, не требующих больших затрат мощности. Кроме того, они не отвечают современным экологическим, эргономическим, эстетическим требованиям.

В связи с этим в настоящее время остается проблемой изыскание оптимальной конструктивно-технологической схемы технического средства для осуществления технологического процесса пропалывания междурядий и рядов питомников и ягодников.

На современном этапе необходимы машины дешевые, экономичные, производительные, универсальные, рассчитанные на массового потребителя, отвечающие требованиям ресурсосберегающих технологий, соответствующие более высокому классу в сравнении с существующими агрегатами, объединяющие ряд технологических операций, и обеспечивающие сокращение тракторного парка и расхода горючесмазочных материалов (ГСМ).

Созданное Всероссийским селекционно-технологическим институтом садоводства и питомниководства (ВСТИСП) (Российская Федерация, Москва) высококлиренсное энергетическое средство ВЭС-45А (рисунок 1) с набором сменных модулей позволяет осуществлять не только уборку урожая различных видов смородины и других ягодных кустарниковых культур, но и агротехнический уход за питомниками и ягодными кустарниковыми насаждениями [10].

Основа высококлиренсного энергосредства – трактор ВТЗ-2048А, его силовая установка, трансмиссия, шасси, кабина с капотной частью.

Разработанная на базе высококлиренсного энергетического средства ВЭС-45А сменно-модульная машина МВП-4, предназначена для выполнения основного цикла работ, связанных с уходом за растениями в плодовых и лесных питомниках: обработка почвы в междурядьях, борьба с сорняками, болезнями, вредителями и обрезка.



а – вид справа; *б* – вид спереди

Рисунок 1. – Высококлинренное энергетическое средство ВЭС-45А

Машина оборудована навесными сменными технологическими модулями: культиватором фрезерным КФ-2,7, культиватором пропашным КП-2,7, универсальным малообъемным опрыскивателем ОПУ-5, агрегатом пневматическим АП-8 для обрезки растений.

Культиватор фрезерный КФ-2,7 (рисунок 2, а) предназначен для уничтожения сорняков и рыхления почвы в междурядьях плодовых и лесных питомников. Выполняет крошение почвы, измельчение сорной растительности, перемешивание измельченной сорной растительности с почвой. Может работать на склонах до 6°.

Культиватор пропашной КП-2,7 (рисунок 2, б) предназначен для уничтожения сорняков и рыхления почвы в междурядьях плодовых и лесных питомников: при работе плоскорежущими рабочими органами – на глубину 5-12 см, рыхлительными лапами – до 16 см.

Разработанный ГНУ ВСТИСП Россельхозакадемии, сменномодульный комбайн КСМ-5, на базе высококлинренного энергетического средства ВЭС-45А с комплексом технических средств, для обрезки, обработки почвы и опрыскивания, может убирать ягоды черной и красной (белой)



а

б

а – культиватор фрезерный КФ-2,7; *б* – культиватор пропашной КП-2,7

Рисунок 2. – Сменные технологические модули машина МВП-4 для обработки почвы и уничтожения сорняков



а



б

а – пропашной культиватор КП-4 (КСМ-5-03); *б* – фрезерный культиватор КФ-4 (КСМ-5-02)

Рисунок 3. – Сменные технологические модули комбайна КСМ-5 для обработки почвы и уничтожения сорняков

смородины с 20-30 га за сезон, а также использоваться для механизации работ при интенсификации культивирования крыжовника, аронии черноплодной и шиповника.

Комбайн, кроме уборки ягод, может выполнять технологические операции, связанные с обработкой почвы в междурядьях, борьбой с болезнями и вредителями и контурной обрезкой ягодных кустарников посредством замены сменных рабочих модулей: культиватора фрезерного КФ-4 (КСМ-5-02), культиватора пропашного КП-4 (КСМ-5-03), опрыскивателя малообъемного ОМУ-600 (КСМ-5-01), обрезчика контурного ОК-1 (КСМ-5-04).

Культиватор КП-4 (КСМ-5-03) (рисунок 3, а)) предназначен для уничтожения сорняков и рыхления почвы в междурядьях ягодных насаждений при работе плоскорезными рабочими органами на глубину 5-12 см, при работе рыхлительными лапами – до 16 мм.

Культиватор фрезерный КФ-4 (КСМ-5-02) предназначен для уничтожения сорняков и рыхления почвы в междурядьях плодовых питомников и ягодных кустарников (рисунок 3, б)).

Кроме ВСТИСП, разработкой технических средств, для механизации работ в питомниках и ягодных кустарниковых насаждениях, занимается Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (Российская Федерация, Москва) [11].

На рисунке 4 представлено самоходное, универсальное, высококлиренсное гидрофицированное энергосредство с электронным управлением (СУВЭС).

Энергосредство предназначено для работы в садах интенсивного типа, питомниках (опрыскивание, обработка почвы в междурядьях), ягодниках и виноградниках (обработка почвы в междурядьях, опрыскивание, обрезка насаждений, уборка урожая). Дополнительно, СУВЭС может быть использовано при выполнении технологических операций (опрыскивание, обработка почвы) на высокостебельных технических культурах.

Культиватор пропашной, высококлиренсный (рисунок 5, а)) предназначен для рыхления и выравнивания поверхностного слоя почвы, сохранения влаги, уничтожения сорняков в междурядьях садов интенсивного типа, питомников, ягодников и виноградников при работе плоскорезными рабочими органами на глубину 5–12 см, при работе рыхлительными лапами до 16 см. В конструкции культиватора предусмотрена возможность изменения ширины захвата для работы на 3-х, 4-х, 5-ти междурядьях.

Культиватор фрезерный высококлиренсный (рисунок 5, б)) предназначен для интенсивного рыхления и выравнивания поверхностного слоя почвы, сохранения влаги, уничтожения сорняков в междурядьях садов интенсивного типа питомников, ягодников и виноградников.



Рисунок 4. – Самоходное универсальное высококлиренсное гидрофицированное энергосредство с электронным управлением (СУВЭС)



а – культиватор пропашной высококлиренсный; *б* – культиватор фрезерный высококлиренсный

Рисунок 5. – Сменные технологические модули комбайна КСМ-5 для обработки почвы и уничтожения сорняков

Технологический модуль для междурядной обработки маточника УКМ–МО УКМ (РНТЦ «Индустриальные машинные технологии интенсивного садоводства», Российская Федерация, г. Мичуринск) предназначен для уничтожения сорняков и рыхления почвы в междурядьях маточника вегетативно размножаемых плодовых подвоев (рисунок 6).

В то же время за рубежом широкое распространение стали получать прицепные почвообрабатывающие машины для обработки междурядий и рядов питомников и ягодников, оборудованные парными пассивными либо активными рабочими органами с вертикальной осью вращения, управление которыми осуществляется оператором, находящимся на машине во время работы.

Преимуществом таких машин является возможность управления качеством выполнения технологического процесса обработки почвы непосредственно с машины, а также возможность обработки почвы вокруг растений одновременно с двух сторон, что значительно повышает производительность труда и является экономически целесообразным.



Рисунок 6. – Технологический модуль для междурядной обработки маточника УКМ–МО



Рисунок 7. – Многофункциональный прополочный культиватор P501/1

На рисунке 7 представлен многофункциональный прополочный культиватор P501/1 производства фирмы Solan (Республика Польша), предназначенный для осуществления операций удаления сорняков, разрыхления почвы, изготовления рядов для растений в плодоягодных питомниках [12].

Представленная на рисунке 8 навесная прополочная машина ZUZA 3 (пропольщик гидравлический) производства фирмы Jagoda (Республика Польша) предназначена для обработки междуствольных зон путём механического удаления сорняков и рыхления поверхности на глубину до 3 см в современных садах и ягодниках интенсивного типа [13]. Машина применяется для обработки земляники садовой, молодой смородины и других растений высотой до 50 см.

Согласно приведенному обзору, развитие сельскохозяйственной техники в области питомниководства, движется в направлении создания универсальных специализированных самоходных шасси с комплектом сменного навешиваемого оборудования для возделывания и уборки плодоягодных культур. Самоходные шасси, за счет четырех управляемых колес, имеют лучшую маневренность по сравнению с обычными тракторами,



Рисунок 8. – Прополочная машина ZUZA 3

обеспечивают лучший обзор оператору (при навесе оборудования в портале шасси прямо перед кабиной), позволяют оперативно настраивать колею шасси посредством гидросистемы непосредственно из кабины оператора, и имеют систему компенсации для работы на склоновых землях. Отдельного внимания заслуживает наметившаяся тенденция освоения в производстве машин, предназначенных, в том числе, и для обработки почвы в рядах культивируемых насаждений. При этом стоит отметить, что при эксплуатации таких машин, в силу уплотненной посадки растений в плодоягодных питомниках, оператору, из-за низкой психомоторной реакции, достаточно сложно соблюдать требуемую точность обработки почвы в соответствии с агротехническими требованиями к качеству выполняемого процесса, особенно на повышенных скоростях. Данную проблему можно решить дооснащением сельскохозяйственных машин системами автоматического вождения, что позволит значительно повысить производительность, сократить затраты труда, снизить расход ГСМ и улучшить условия труда обслуживающего персонала.

Заключение

1. Для получения высококачественного посадочного материала необходимо применение эффективных мер борьбы с сорняками.
2. Механический метод защиты посадочного материала от сорняков является более предпочтительным по сравнению с химическим методом, угнетающим рост и развитие молодых растений.
3. Ручной процесс прополки междурядий и рядов в питомниках и ягодниках является очень трудоемкой и дорогостоящей операцией, на выполнение которой затрачивается до 100 чел.ч/га, что с учетом имеющихся площадей, отведенных под плодоягодные питомники, ориентировочно составляет 6263712,00 руб./месяц.
4. Эксплуатация машин для рядной обработки почвы в плодоягодных питомниках является недостаточно эффективной из-за низкой психомоторной реакции оператора, не позволяющей обеспечивать требуемую точность обработки почвы.
5. Увеличение точности обработки почвы в плодоягодных питомниках можно решить дооснащением сельскохозяйственных машин системами автоматического вождения, что позволит значительно повысить производительность, сократить затраты труда, снизить расход ГСМ и улучшить условия труда обслуживающего персонала.

Литература

1. Алиев, А. М. Вредоносность сорных растений / А. М. Алиев, В. Ф. Ладонин // Защита растений. – 1990. – № 5. – С. 15–16.
2. Лобач, О. К. Видовое разнообразие и динамика засоренности посевов основных зерновых культур многолетними сорными растениями / О. К. Лобач, С. В. Сорока, Л. И. Сорока // Земледелие и защита растений. – 2017. – № 6 (115). – С. 25–28.
3. Режим доступа: <https://ggiskzr.by/news/709.html> Дата доступа: 29.07.2019.
4. Организационно-технологические нормативы возделывания овощных, плодовых, ягодных культур и выращивания посадочного материала [Текст]: сборник отраслевых регламентов / В. Г. Гусаков [и др.]; Национальная академия наук Беларуси, Республиканское научное унитарное предприятие «Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси». – Минск: Беларуская навука, 2010. – 519 с.
5. Режим доступа: <http://bii.by/tx.dll?d=394066> Дата доступа: 29.07.2019.
6. Режим доступа: <https://ilex.by/o-rabochem-vremeni-v-2019-godu/> Дата доступа: 30.07.2019.
7. Баздырев, Г.И. Защита сельскохозяйственных культур от сорных растений: учебное пособие / Г. И. Баздырев. – М.: Колос, 2004. – 328 с.
8. Захаренко, В. А. Гербициды / В. А. Захаренко. – М.: Агропромиздат, 1990. – 240 с.
9. Быстрая, Г. В. Гербициды в плодovém питомнике / Г. В. Быстрая // Защита растений. – 1990. – № 3. – С. 32.
10. Бычков, В. В. Новые машины для ухода за почвой в садах / В. В. Бычков, А. А. Цымбал, С. В. Сольшковы // Садоводство и виноградарство, 1998. – № 3. – С. 9–11.
11. Бычков, В. В. Тенденции развития машин для обработки почвы в садах и ягодниках [Текст] / В.В. Бычков, Г. И. Кадыкало, В. А. Шевкун // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева, 2011. – № 2. С. 59–63.

12. Режим доступа: <http://solan.lublin.pl/ru/%D0%BA%D1%83%D0%BB%D1%8C%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80/> Дата доступа: 05.08.2019.

13. Режим доступа: <http://www.jagoda.com.pl/portfolio-view/%d0%be%d0%b1%d0%be%d1%80%d1%83%d0%b4%d0%be%d0%b2%d0%b0%d0%bd%d0%b8%d0%b5-%d0%b4%d0%bb%d1%8f-%d0%bf%d1%80%d0%be%d0%bf%d0%be%d0%bb%d0%ba%d0%b8/> Дата доступа: 06.08.2019.

УДК 631.331.022

Поступила в редакцию 03.09.2019

Received 03.09.2019

Ю. Л. Салапура¹, к. т. н., доц., М. Н. Салапура²

¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь,
e-mail: salapura.yurii@mail.ru

²УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»,
г. Минск, Республика Беларусь,
e-mail: marinasalapura@gmail.com

ЭВОЛЮЦИЯ СИСТЕМ ВЫСЕВА ЗЕРНОВЫХ СЕЯЛОК

Рассмотрена эволюция систем высева зерновых сеялок в исторической ретроспективе от истории создания сеялок до наших дней.

Ключевые слова: посев, система высева, зерновые культуры, семена, сеялка.

Y. L. Salapura¹, PhD in Engineering sciences, Assoc. Prof., M. N. Salapura²

¹RUE "SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization",
Minsk, Republic of Belarus,
e-mail: salapura.yurii@mail.ru

²Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus,
e-mail: marinasalapura@gmail.com

THE EVOLUTION OF SYSTEMS OF SEEDING GRAIN DRILLS

The evolution of sowing systems of grain drills in historical retrospect from the history of seeders to the present day.

Keywords: sowing, seeding system, crops, seeds, seeder.

Выращивание зерновых культур имеет древнюю историю. Первые упоминания о таком агрегате как сеялка известны из истории и учебников по фермерству Древнего Шумера в 30-28 вв до н.э. [1]. До изобретения сеялки высеивание проводилось вручную (рисунок 1). Несомненно, одним из первых недостатков такого способа можно назвать неравномерность высева, большой расход семян, трудоемкость процесса.

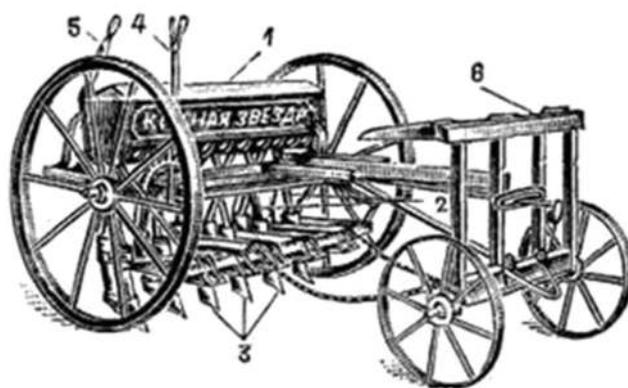
Прототип современной конструкции сеялки с несколькими семяпроводами создали в Китае во II-ом веке до нашей эры. Первая же сеялка в Европе была изобретена в 1566 году Камилло Торелло. Первые промышленные образцы стали выпускаться в Англии в 1830 году, а широкое применение сеялок в Европе началось в середине XIX века [2]. Первые сеялки имели исключительно конную тягу и только механически приводимые в движение элементы (рисунок 2) и соответственно механические высеивающие аппараты различных конструкций.

Начало массового производства тракторных сеялок с дисковыми сошниками, прототипов будущей сеялки СЗ, относится к концу 1920-ых годов [2]. Это период расцвета сеялок с механическими высеивающими системами.

Впервые оригинальная система с централизованным дозированием и пневматическим транспортированием материала к сошникам была предложена в СССР в 1948 профессором Б.И. Журавлёвым [3, с. 45]. Однако должного применения в посевных машинах того времени она не нашла.



Рисунок 1. – Посев зерновых ручным способом



1 – семенной ящик; 2 – семяпроводы; 3 – сошники;
4 – регулятор перестановки сошников;
5 – рычаг подъема сошников; 6 – передок

Рисунок 2. – 11-рядная конная сеялка завода «Красная звезда»

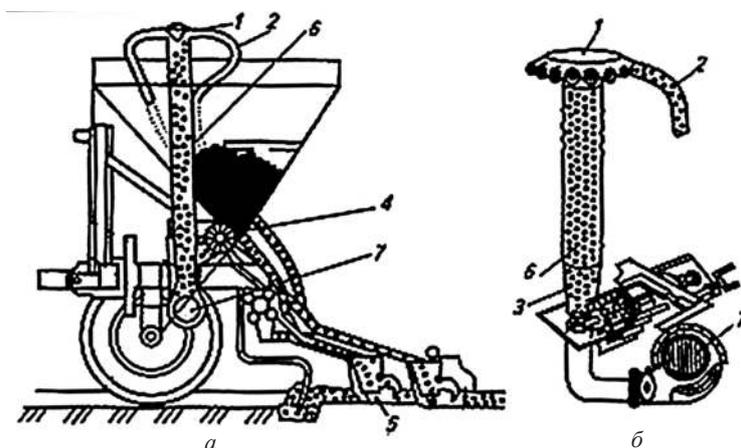
Начало внедрению в производство сеялок с централизованным дозированием положил норвежский агроном В. Стокланд [4, с. 50-53], разработавший центробежный высевочный аппарат, впоследствии применённый фирмой Глобус Машинофабрик на сеялке «Стокланд». По причине крупных конструктивных и технологических недостатков его предложение применения не получило.

Дальнейшее развитие пневматическая высевочная система централизованного дозирования получила в 80-ых годах XX столетия в Германии на сеялках «Аккорд», когда впервые началось массовое производство сеялок с пневмомеханическим высевочным аппаратом (рисунок 3) [5, с. 29].

Преимущество данной системы в том, что она универсальна и обеспечивает высев семян с различными физико-механическими свойствами. Применение комбинированной катушки позволяет высевать как крупные семена зерновых и средних зернобобовых, так и мелкие семена трав и промежуточных культур. Система обеспечивает простую установку нормы высева.

Но она довольно энергоёмка. Исследованиями установлено [6], что пневматическая система высева с вертикальной распределительной головкой в 2-3 раза более энергоёмка по сравнению с горизонтальной и требует установки более мощного вентилятора. Кроме этого неравномерность распределения посевного материала по сошникам в значительной степени зависит от угла наклона центральной колонны и варьирует в широких пределах от 5 до 22% [7, 5].

В системе с индивидуальным дозированием семян для каждого сошника имеется отдельный дозатор и транспортирование семян осуществляется воздушным потоком. Примером таких систем высева являются системы сеялок и агрегатов «Reguline Solo 6.0m», «Reguline SPI» фирмы



1 – распределительная головка; 2 – семяпровод; 3 – питатель эжекторного типа; 4 – дозатор;
5 – сошник; 6 – центральная колонна; 7 – вентилятор

Рисунок 3. – Схема сеялки (а) и пневматической системы высева (б) с централизованным дозированием типа «Accord»

«Sulky» (Франция), «Maxidrill RW 600/900», «Maxidrill TW 6000» фирмы «Roger» (Франция), «Tive» (Швеция) (рисунок 1.6), СПР-6 (СССР) и др. Данная система обеспечивает более равномерное распределения семян по сошникам, аналогичное механическим сеялкам [8].

Однако из-за большого количества семяпроводов, идущих от дозаторов к сошникам, значительно ухудшается технологическая надёжность сеялок и весьма усложняется их конструкция. Указанная система применяется на сеялках с шириной захвата не более 9 м, так как увеличение ширины захвата неминуемо влечёт за собой рост габаритных размеров семенного бункера. Как и система с централизованным, так и система с индивидуальным дозированием очень энергоёмка и требует установки на сеялку вентилятора высокой производительности. В настоящее время такую систему при производстве посевной техники используют только французские фирмы «Sulky» и «Roger».

Последние два десятилетия широкое применение получила пневматическая система высева группового дозирования посевного материала. Она состоит из нескольких самостоятельных высевающих секций, каждая из которых содержит следующие рабочие органы: дозатор, питатель и одноступенчатый распределитель потока посевного материала. Все секции через дозаторы связаны с единым бункером, при этом каждая из них предназначена для определённого количества сошников. Так как количество материала, подаваемого катушкой дозатора уменьшается, возрастает и точность дозирования. Посевные агрегаты с такой системой высева могут комплектоваться распределителями горизонтального или вертикального типа, что расширяет диапазон её применения.

Оригинальную пневматическую систему высева разработала финская фирма «Kongskilde» [3, с.204–205]. В этой системе (рисунок 4) вентилятор нагнетает воздух в два воздушных канала. По одному из них часть воздуха направляется для подачи семян из бункера в дозатор. По второму воздушный поток транспортирует высеваемый материал от дозатора к сошникам. Такая система обеспечивает надёжную работу дозатора и устойчивое транспортирование материала. Несмотря на существующие достоинства, эта система высева в настоящее время распространения не получила.

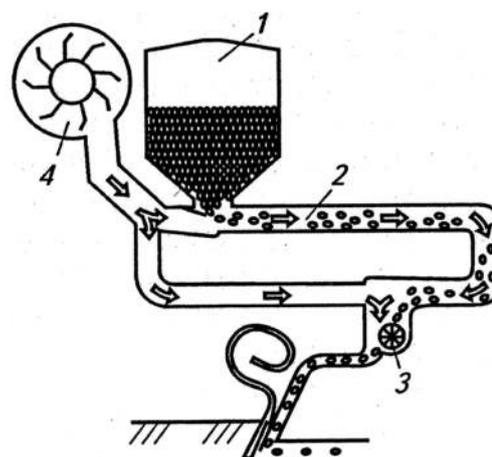
Работы по совершенствованию почвообрабатывающе-посевных и посевных машин активно ведутся во многих странах.

Сравнительные испытания посевных агрегатов с пневматическими системами высева [9] выявили ряд существенных недостатков по обеспечению качественных показателей выполнения технологического процесса сева. Особенно это касается равномерности распределения по площади поля посевного материала при совместном высева зерновых с фосфорными удобрениями.

Применение рядовых зерновых сеялок типа СЗ приводит к перерасходу посевного материала от 10 до 30% и недобору урожая из-за несовершенства конструкций и невозможности удовлетворения агротехнических требований [7].

Последние годы, ведущие производители посевных машин, особенно при ширине захвата свыше 8 метров, переходят на применение пневматических высевающих систем закрытого типа, или герметичных. Они могут применяться во всех трех типах высевающих систем: централизованного, группового и индивидуального дозирования. Основное преимущество – отказ от применения питателя, что позволяет снизить энергоёмкость системы, а также повысить устойчивость процесса высева.

Исследования в данной области продолжаются в части повышения устойчивости высева, равномерности распределения посевного материала по поверхности поля, увеличения скорости посева, а также универсализации применяемых рабочих органов.



1 – бункер; 2 – тукосемяпровод;
3 – высевающая катушка; 4 – вентилятор

Рисунок 4. – Высевающая система пневматической интегральной сеялки фирмы «Kongskilde»

Литература

1. Сеялка – от Древнего Шумера до наших дней // АРК news. – 2018. – № 02 (01-02). – С. 49–52.
2. Клочков, А. Сеялки: от конной до комбинированного агрегата / А. Клочков // Наше сельское хозяйство. Агрономия. – 2018. – № 5. – С. 52–56.
3. Клочков, А. В. Зарубежная сельскохозяйственная техника / А. В. Клочков, В. А. Попов. – Горки: Курсы по повышению квалификации и переподготовке кадров Могилёвского облсельхозпрода, 1999. – 154 с.
4. Бузенков, Г. М. Машины для посева сельскохозяйственных культур / Г. М. Бузенков, С. А. Ма. – М.: Машиностроение, 1976. – 272 с.
5. Сысолин, П. В. Почвообрабатывающие и посевные машины: история, машиностроение, конструирование / П. В. Сысолин, Л. В. Погорелый. – Киев: Феникс, 2005. – 264 с.
6. Адашь, А. В. Энергетическая оценка пневматических высевальных систем / А. А. Адашь, А. А. Татуев, И. А. Шаршуков // Повышение эффективности использования топливно-энергетических ресурсов в АПК: материалы междунар. научн.-техн. конф., Минск, 1997 г. / БГАТУ; под ред. Г. И. Януковича. – Минск, 1997. – С. 70–71.
7. Крючин, Н. П. Повышение эффективности транспортирующе-распределительных систем пневматических посевных машин / Н. П. Крючин. – Самара: РИЦ СГСХА, 2008. – 176 с.
8. Адашь, А. В. Повышение качества посева семян пневматическими зерновыми сеялками путём совершенствования шнекового питателя: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / А. В. Адашь – Горки, 1997. – 181 с.
9. Назараў, С. І. Тэхніка-эканамічная ацэнка сеялак з пнеўматычнымі цэнтралізаванымі высевальнымі сістэмамі / С. І. Назараў, В. С. Астахаў // Весці Акад. аграрных навук Беларусі. – 1995. – № 3. – С. 113–116.

УДК 63:(620.95:631.86)

Поступила в редакцию 02.09.2019
Received 02.09.2019

Н. Ф. Капустин, к. т. н., В. А. Тарас, В. В. Величко

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь,
e-mail: npcter@yandex.ru*

ВЫРАБОТКА МЕТАНА ПРИ АНАЭРОБНОЙ БИОФЕРМЕНТАЦИИ СОЛОМЫ РАПСА

Рассмотрена возможность и эффективность использования соломы ярового и озимого рапса белорусской селекции в качестве сырья для биогазовых установок. Исследована динамика удельного выхода биометана нарастающим итогом и ежесуточная скорость его выработки на протяжении всего периода биоферментации. Установлено, что яровая рапсовая солома представляет собой хорошее сырье для выработки биогаза и, по удельному выходу биометана, близка к широко используемым растительным субстратам. Энергопотенциал озимой рапсовой соломы немного меньше, чем у традиционно используемых растительных субстратов, но также находится на приемлемом уровне для использования в качестве сырья для биогазовых установок.

Ключевые слова: рапсовая солома, биометан, биогазовая установка.

N. F. Kapustin, PhD in Engineering sciences,
V. A. Taras, Scientific researcher,
V. V. Velichko, Engineer

*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»,
Minsk, Republic of Belarus,
e-mail: npcter@yandex.ru*

METHANE PRODUCTION IN ANAEROBIC BIOFERMENTATION OF RAPESEED STRAW

The possibility and efficiency of using spring and winter rapeseed straw of the Belarusian selection as a substrate for biogas plants was analyzed. The daily rate biomethane yield dynamics and cumulative biomethane yield for the whole fermentation period was researched. It was found that spring rapeseed straw is a good substrate for biogas production and in its biomethane yield is close to widely used plant substrates. The energy potential of winter rapeseed straw is slightly less than that of traditionally used plant substrates but it is also at an acceptable level for use as a substrate for biogas plants.

Keywords: rapeseed straw, biomethane, biogas plant.

В Республики Беларусь рапс возделывается на площади около 340 тыс.га. [1] с выходом соломы около 1 млн тонн в год. Солома является побочным продуктом при выращивании рапса и не очень эффективно используется в сельскохозяйственном производстве. Использование соломы рапса в качестве корма и подстилочного материала затруднительно в связи с грубостью ее волокон, обеспеченной высоким содержанием лигнин-целлюлозного комплекса, который плохо разрушается в желудочно-кишечном тракте животных. В качестве корма для животных, рапс может использоваться дозированно, из-за содержания эруковой кислоты и глюкозинолатов, избыточное поступление которых в организм животных, могут иметь негативные последствия для их здоровья. В связи с этим актуальным является вопрос утилизации рапсовой соломы.

В измельченном виде рапсовая солома может являться перспективным растительным сырьем для биогазовых установок так как характеризуется высоким содержанием углерода и до 780 кг органических соединений в 1 т соломы.

В связи с этим, цель работы состояла в исследовании выхода биометана при анаэробной ферментации соломы ярового и озимого рапса сортов белорусской селекции Гедымин и Империял соответственно.

Выход биометана при анаэробной ферментации образцов соломы ярового и озимого рапса исследовали с помощью лабораторного биопроектконтроллера АМPTSII, представляющего собой автоматическую измерительную и регистрирующую систему определения количества и скорости выработки биометана из органического сырья.

Для сравнительной характеристики энергopotенциала соломы ярового и озимого рапса оценивали динамику удельного выхода биометана с нарастающим итогом (рисунок 1) и ежесуточную скорость его выработки на протяжении всего периода биоферментации (рисунок 2).



Рисунок 1. – Удельный выход метана с нарастающим итогом при анаэробной ферментации соломы ярового и озимого рапса



Рисунок 2. – Скорость выработки метана в сутки при анаэробной ферментации образцов соломы ярового и озимого рапса

Длина резки исследуемой в процессе биоферментации рапсовой соломы составляла 20 мм, а содержание в ней сухих веществ – 91,5 и 92,3% для соломы озимого и ярового рапса соответственно.

В процессе исследований установлено, что время ферментации до замедления выработки метана составляло около 20 суток для соломы озимого рапса и около 28 суток для соломы ярового рапса. При этом достигнутый удельный выход метана с 1 т органического сухого вещества составил 98 и 62 м³ для соломы ярового и озимого рапса соответственно.

Литература

1. Сельское хозяйство Республики Беларусь. Статистический сборник / И. В. Медведева [и др.]; Национальный статистический комитет Республики Беларусь; под общ. ред. И. В. Медведевой. – Минск, 2019. – 212 с.

УДК 639.3.043

Поступила в редакцию 14.06.2019
Received 14.06.2019

В. К. Клыбик, к. т. н., доц., **В. В. Никончук**, аспирант

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь,
e-mail: nikonchuk.vitalij@yandex.by, labts@mail.ru*

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КОМБИКОРМОВ ДЛЯ ЦЕННЫХ ПОРОД РЫБ В АКВАКУЛЬТУРЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

В анализе показаны современные технологий производства комбикормов для ценных пород рыб в Республике Беларусь. Представлен уровень внутреннего потребления рыбы и рыбопродуктов их производство для обеспечения потребности населения. Рассмотрены особенности технологии производства комбикормов для ценных видов рыб.

Ключевые слова: ценные породы рыб, комбикорма для рыб, аквакультура, технологий экструдирования, экспандирования и гранулирования кормов.

V. K. Klybik, Ph.D in Technology, Assoc. Prof., **V. V. Nikonchuk**, PhD student

*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»,
Minsk, Republic of Belarus,
e-mail: nikonchuk.vitalij@yandex.by, labts@mail.ru*

MODERN TECHNOLOGIES OF MANUFACTURE OF COMBIC FOOD FOR VALUABLE BREEDS IN AQUACULTURE OF THE REPUBLIC OF BELARUS

The analysis shows modern technologies for the production of animal feed for valuable species of fish in the Republic of Belarus. Presents the level of domestic consumption of fish and fish products, their production to meet the needs of the population. The features of the production technology of feed for valuable species of fish are considered.

Keywords: valuable fish breed, feed for fish, aquaculture, technologies of extruding, expansion and granulation of forages.

Мировая аквакультура относится к наиболее динамично развивающимся направлениям производства продовольствия. За рубежом объемы выращиваемой рыбы, в ряде стран, приближаются к объему выловленной из естественных водоемов, а зачастую и превышают его. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (FAO), в мире на долю аквакультуры приходится 42,2% общего вылова водных биоресурсов. Годовое потребление рыбы в Испании на душу населения составляет 43 кг, во Франции – 34,8 кг, в Китае – 33,5 кг, в Италии – 25,8 кг. В России среднее потребление рыбы и рыбопродуктов составило около 21,2 кг.

В Республике Беларусь рекомендуемый объем потребления рыбы и рыбопродуктов для людей, по нормам Минздрава, составляет от 16 до 24 кг/год, а реальное потребление рыбопродуктов в 2019 году, по данным НСК на первый квартал, составило 1,3 кг [1].

Таким образом, годовая потребность людей в рыбе и рыбопродуктах для взрослого населения республики, составляет более 150 тысяч тонн. Для устойчивого обеспечения потребности населения республики в рыбе необходимо не менее 200 тыс. тонн рыбной продукции в год.

Уровень внутреннего производства рыбы и рыбной продукции в Республике Беларусь обеспечивает потребности населения на 13,9%, и около 86% приходится на импорт. [2].

Государственная программа развития аграрного бизнеса на 2016–2020 годы предусматривает доведение объемов производства:

- товарной рыбы в республике до 18158 т;
- прудовой рыбы – 15771 т;
- ценных видов рыб – 1200 т.

В настоящее время, по данным Национального статистического комитета РБ [3] (таблица 1) промысловый улов рыбы в Беларуси с 2014 по 2018 год сократился, но наблюдается увеличение доли улова ценных пород рыб. Так, выращивание лососевых рыб увеличилось почти в 6 раз с 78,6 т. в 2014 г. до 459,3 тонн в 2018 г.

Таблица 1. – Промысловый улов рыбы в РБ с 2013 по 2018 г.

Показатель	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Промысловый улов рыбы – всего	11923,6	10410,9	11251,3	10370,2	11716,9
В том числе					
в естественных водоемах	760,6	870,7	639,8	725,6	731,0
в искусственных водоемах	11163,0	9540,2	10611,5	9644,6	10985,9
из них по видам					
карп	7210,9	6454,8	7888,4	7343,1	8163,5
толстолобик	1876,9	1271,0	541,0	329,3	476,1
амур	402,8	256,9	314,0	255,9	210,6
лососевые	78,6	79,1	338,6	284,4	459,3
осетровые	90,9	80,0	94,4	141,0	97,7
сомовые	20,6	24,0	14,0	13,1	15,7
другие	909,0	904,4	1113,4	952,9	1020,9

С увеличением промышленного способа выращивания ценных пород рыбы увеличивается спрос на производство качественных комбикормов. Однако в Республике Беларусь, комбикормовые заводы, в основном, имеют универсальное оборудование, т.е. позволяющее получать комбикорма для всех видов животных в рассыпном или гранулированном виде.

Также не все существующие в настоящее время технологии производства комбикормов отвечают требованиям к рыбным кормам, таким как прочность гранулы, водостойкость, возможность впитывать большое количество жидких добавок. Например, технология приготовления тестообразных кормов, осуществляемая путем смешивания рассыпных кормов с водой непосредственно перед их раздачей, – окончательно запрещена, так как загрязняет воду; технология сухого прессования (гранулирование), заключающаяся в обработке рассыпной кормосмеси сухим паром и продавливание ее через матрицу пресс-гранулятора при повышенных температурах и давлении с последующим охлаждением кормосмеси.

Кроме того, на прочность и форму прессованной гранулы существенно влияет сырьевой состав комбикорма. Частицы такого гранулированного корма менее прочны из-за этого крошительность и отсев данного корма составляет от 5 до 8%, а зачастую и до 10%. Повышенная крошительность гранулы приводит к снижению водостойкости и увеличению расхода корма на кормление, и, как результат, – идет загрязнение водоемов.

В настоящее время большинство мировых производителей кормов для рыб полностью отказались от этих технологий и, для обеспечения рыб хозяйств комбикормами, применяют более современные технологические линии производства гранулированного комбикорма.

Сейчас на рынке наиболее распространены два современных технологических приёма производства рыбных комбикормов – это экструдирование и экспандирование.

Экструдирование кормов – технологический процесс, который заключается в гидробаротермической обработке сырья, когда кормовая масса прессуется и под высоким давлением выталкивается через фильеры в область атмосферного давления, после чего взрывается, увеличиваясь в объеме [4]. За счет высокой температуры (110-160 °С), давления и сдвиговых усилий, происходит физико-механические и химические изменения в корме. При резком падении давления на выходе, в разогретом корме, возникает вспучивание (увеличение в объеме). В связи с чем, мы можем получать комбикорма: плавающий, тонущий, нейтрально плавающие или медленно тонущий с различными формами и размерами. Результат подобной технологии приводит к повышению поедаемости комбикорма: ценные породы рыб не поедают корм со дна водоема.

Экспандирования – это процесс, когда корм подвергается воздействию температуры, давлению и влаге. Увеличение объема происходит благодаря резкому перепаду давления. Установка для экспандирования должна включать, шнековый питатель, смеситель-пропариватель, пресс-гранулятор и сам экструдер. [4]. Экспандат можно использовать непосредственно вместо гранулированного комбикорма. Также появляется возможность вводить в комбикорм большое количество кормового жира, масел, жидких добавок и другое. Экструдер в зоне выпуска корма имеет матрицу у экспандера устройством выпуска является коническое кольцо, которое открывается и закрывается поршнем. В зависимости от состава исходного сырья, параметры работы экспандера изменяются: температура продукта от 100 до 140°С, продолжительность обработки от 5 до 6 секунд, давление 1,0 – 4,0 МПа.

Типовые линии для производства экструдированных комбикормов состоят из следующих основных этапов:

- приема и складирования сырья;
- дробление сырья;
- дозирование и смешивание компонентов;
- экструдирование;
- сушка и просеивание гранул;
- ввод жидких и сыпучих видов компонентов на гранулы;
- охлаждение и упаковка готового продукта.

На данный момент в Республике Беларусь используются только импортные технологические линии, которые могут выпускать экструдированные комбикорма для рыб на предприятиях – ОАО «Жабинковский комбикормовый завод» и ОАО «Барановичхлебопродукт».

Для прехода на новые технологии и замещения зарубежного оборудования отечественным, общими усилиями РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» и РУП «Института рыбного хозяйства», в рамках научно-технической программы союзного государства «Комбикорм-СГ», разрабатывается технологическая линия производства гранулированного комбикорма для ценных пород рыб. Подобная линия позволит получать высокоэффективные биобезопасные комбикорма с программируемыми свойствами, максимально адаптированные для разных пород рыб.

Литература

1. Национальный статистический комитет Республики Беларусь. [Электронный ресурс] / Потребление основных продуктов питания в домашних хозяйствах. – Минск, 2019 – Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/solialnaya-sfera/uroven-zhizni-naseleniya/dokhody-i-potreblenie-domashnikh-khozyaystv/operativnyye-dannye/potreblenie-osnovnykh-produktov-pitaniya-v-domashnikh-khozyaystvakh/> – Дата доступа: 10.06.2019.

2. Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Сельское хозяйство Республики Беларусь. – Минск, 2018 – Режим доступа.: http://netherlands.mfa.gov.by/docs/agriculture_2018.pdf. – Дата доступа: 10.06.2019.

3. Национальный статистический комитет Республики Беларусь. [Электронный ресурс] / Промысловый улов рыбы. – Минск, 2019 – Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/selskoe-hozyaystvo/rybnoe-khozyaystvo/godovye-dannye/promyslovyy-ulov-ryby/> – Дата доступа: 11.04.2019.

4. Щербина М. А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре / М. А. Щербина, Е. А. Гамыгин – Москва : Изд-во ВНИРО, 2006. – 360 с.

В. И. Передня¹, В. Ф. Радчиков², Е. Л. Жилич¹, В. П. Цай², А. Н. Кот², Г. В. Бесараб²

¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь,
e-mail: npc_mol@mail.ru

²РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству»,
г. Жодино, Республика Беларусь,
e-mail: labkrs@mail.ru

ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРОВ ПРИ СКАРМЛИВАНИИ ЗЕРНОВОЙ ПАТОКИ

Включение в состав рациона молочному скоту зерновой патоки из ржи в количестве 3,8 кг повышает поедаемость грубых кормов на 20-30%, оказывает положительное влияние на морфо-биохимический состав крови, повышает молочную продуктивность коров на 7%, жирность – на 0,2 п.п, содержание белка в молоке – на 0,22 п.п, снижает затраты кормов на получение молока на 7,1%, себестоимость продукции – на 8,7%.

Ключевые слова: коровы корма, кормовая патока, поедаемость кормов, молоко, продуктивность, себестоимость.

V. I. Perednya¹, V. F. Radchicov², E. L. Zilich¹, V. P. Tzai, A. N. Kot, G. V. Besarab

¹RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»,
e-mail: npc_mol@mail.ru

²RUE «Scientific Practical Centre of Belarus National Academy of Sciences on Animal Breeding»,
Zhodino, Belarus,
e-mail: labkrs@mail.ru

PRODUCTIVITY OF COWS DURING GRAIN FEEDING TREACLE

Inclusion of rye cereal molasses in the diet composition in the amount of 3,8 kg increases the eating capacity of coarse fodders by 20-30%, has a positive effect on the morphi-biochemical composition of the blood, increases milk productivity of cows by 7%, fat content – by 0,2 cl., protein content in milk – by 0.22 cl., reduces the cost of fodder for milk production by 7.1%, the cost of production – by 8.7%.

Keywords: fodder cows, fodder molasses, fodder eating capacity, milk, productivity, prime cost.

Введение

Полноценное кормление животных является основой для проявления их генетически обусловленного потенциала продуктивности и эффективной трансформации питательных веществ кормов в продукцию [1–2]. Кормление и селекция животных требует наибольших затрат и, вместе с тем, здесь имеются наибольшие резервы для снижения себестоимости животноводческой продукции.

Среди факторов, обеспечивающих повышение продуктивности сельскохозяйственных животных, большое значение имеет их полноценное кормление, организация которого возможна при условии обеспечения в рационах всех элементов питания в оптимальных количествах и соотношениях [3–6].

Вторичные продукты, полученные после переработки растительного сырья на предприятиях пищевой и легкой промышленности, содержат значительное количество питательных веществ и с успехом могут быть использованы в качестве кормовых средств, вводимых в состав рационов и комбикормов [7–9]. Однако при использовании таких кормовых продуктов необходимо иметь хорошее представление об их составе, питательных достоинствах и возможных побочных действиях на организм. К ним относятся свеклосахарного производства – жом и меласса или кормовая патока [10].

Одним из перспективных способов обеспечения рационов животных сахаром является получение его из крахмалосодержащего сырья: зерна ржи, кукурузы, пшеницы, ячменя, сорго, проса и т.д.

Важной задачей в животноводстве является повышение эффективности использования кормов, т.е. снижение расхода их на производство продукции. Это зависит от системы кормления и генетических возможностей животных. При составлении рационов необходимо учитывать не только потребности животных, но и оптимальное соотношение основных питательных веществ (протеина, клетчатки, сахара и т.д.) [11-12]. В последние годы большое внимание уделяется балансированию рационов крупного рогатого скота по сахару. Согласно рекомендациям, сахаро-протеиновое отношение должно быть не ниже 0,8 : 1,0. Питательные вещества рационов лучше высокопродуктивными животными используются лучше, когда сахаропротеиновое отношение равно 1,2-1,5 : 1,0. Снижение его до 0,4-0,6, как и повышение до 2,4, ведёт к существенному ухудшению усвоения питательных веществ.

Перспективным направлением в животноводстве является использование зерновой патоки в рационах крупного рогатого скота.

Одним из источников сахаров в рационе является свекловичная патока. Однако она не может в полном объеме сбалансировать углеводно-протеиновое соотношение по нескольким причинам.

Ограничение ввода. Без существенного вреда для здоровья животного можно вводить в рацион патоку до 1-1,5 кг в сутки на голову.

Неблагоприятные условия ввода. Основное потребление свекловичной патоки приходится на месяцы с низкими температурами, что затрудняет ее ввод в корма.

Недостаточное количество. Дефицит ее необходимого объема в течение года обуславливается сезонностью переработки сахарной свеклы (сентябрь-январь).

Поэтому животные обеспечиваются сахарами в среднем только на 40–50%. Перспективное решение данной проблемы – зерновая патока. Жидкая зерновая патока представляет собой гомогенную массу с содержанием сухих веществ 30–35%, углеводов (сумма сахаров) 20–25%, в т. ч. глюкозы 14–15% [13].

Зерновая патока улучшает углеводно-протеиновый баланс рациона, обладает высокой энергетической питательностью – 13,8–14,0 МДЖ ОЭ в 1 кг сухого вещества, с содержанием массовой доли сырого протеина 13–14%. Питательность 1 кг сухого вещества зерновой патоки составляет 1,49 корм. ед. Кроме того, зерновая патока повышает поедаемость грубых кормов на 20–30% и положительно влияет на здоровье животных. При использовании зерновой патоки рекомендуется исключать из рациона 1–2 кг комбикорма [14].

Цель работы – изучить эффективность использования в кормлении крупного рогатого скота кормового продукта «Патока зерновая».

Для достижения поставленной цели, необходимо было решить следующие задачи:

- изучить питательность и химический состав зерновой патоки и кормов рационов, используемых в кормлении коров;
- определить влияние скармливания нового продукта в составе рационов на морфо-биохимический состав крови молочного скота;
- дать зоотехническую и экономическую оценку целесообразности использования зерновой патоки в рационах коров.

Основная часть

Для выполнения поставленных задач проведен научно-хозяйственный опыт на коровах по схеме, представленной в таблице 1.

Для научно-хозяйственного опыта отобрано две группы коров-аналогов средней живой массой 550 кг. Суточная продуктивность коров на начало исследований, составила 16,8–17,1 кг. Продолжительность опыта – 60 дней.

Таблица 1. – Схема опыта

Группа	Количество животных, голов	Живая масса при постановке на опыт, кг	Особенности кормления
I контрольная	15	550	Основной рацион (ОР) + стандартный комбикорм
II опытная	15	550	ОР + комбикорм с включением 3,8 кг зерновой патоки

Зерновую паточку скармливали коровам опытной группы в смеси с кукурузным силосом 3,8 кг на голову в сутки. Животные контрольной группы получали общепринятый в хозяйстве рацион без использования кормовой добавки.

Условия содержания контрольной и опытной групп были одинаковыми: кормление трехразовое, поение из автопоилок. Все исследования проводились в зимне-весенний период.

В процессе проведения исследований использованы зоотехнические, биохимические и математические методы анализа и изучены следующие показатели:

1. Расход кормов – при проведении контрольного кормления.
2. Химический состав и питательность кормов путем общего зоотехнического анализа, отбора проб кормов осуществлялся в начале и в конце научно-хозяйственных опытов.
3. Продуктивность коров – путем проведения контрольных доек 1 раз в месяц.
4. Гематологические показатели: в цельной крови определены содержание эритроцитов, лейкоцитов и гемоглобина – прибором Medonic CA620; в сыворотке крови – общий белок, мочевины, глюкоза – прибором CORMAY LUMEN; кальций, фосфор – прибором CORMAY LUMEN, отбиралась кровь для исследований через 3-3,5 часа после утреннего кормления.

На основании показателей продуктивности, стоимости израсходованных кормов, общих затрат на производство продукции проведен расчет экономической эффективности использования зерновой патоки в рационах животных.

Результаты исследований

Достаточное с физиологической точки зрения потребление питательных и биологически активных веществ является важным моментом в поддержании высокой продуктивности и крепкого здоровья животных.

Высокая продуктивность – это, прежде всего, генетически обусловленная способность организма эффективно трансформировать питательные вещества кормов в элементы тканей и органов, которые используются как продукты животноводства. Эта способность обусловлена интенсивным питанием процессов обмена веществ в организме на всех уровнях – от использования энергии и питательных веществ кормов в желудочно-кишечном тракте до биосинтеза белка, липидов и других питательных веществ.

В таблице 2 представлен химический состав и питательность зерна и зерновой патоки.

Таблица 2. – Химический состав и питательность зерна зерновой патоки из ржи

Показатель	Патока при натуральной влажности, г	В расчете на сухое вещество, %	
		зерно	патока ржи
Сухое вещество	375,9	87,6	37,59
Кормовые единицы	0,55	1,28	1,46
Обменная энергия, МДж	5,3	12,8	14,07
Сырой протеин	21,3	11,8	11,69
Сырой жир	9,58	1,8	2,55
Сырая клетчатка	10,0	4,5	2,67
Сахар	24,4	2,1	6,49
БЭВ	335,0	79,6	80,69
Кальций	0,71	0,2	0,19
Фосфор	1,87	0,5	0,5

Анализируя кормление коров, следует отметить, что животные опытной группы съедали больше силоса кукурузного на 10,8 и соломы – на 20% (таблица 3).

Потребление сухого вещества коровами составило 19,1-20,3 кг на 1 голову в сутки. В 1 кг сухого вещества содержалось 1,14–1,16 *корм. ед.* Концентрация сырой клетчатки в расчете на 1 кг сухого вещества находилась в пределах 17,7–19,7%, обменной энергии – 9,4–9,5 *МДж.* Содержание сырого протеина в рационах находилось на уровне 2262–2290 г. Концентрация сырого протеина в сухом веществе рациона находилась на уровне 10,6–11,6%.

Таблица 3. – Среднесуточный рацион коров по фактически съеденным кормам

Корма и питательные вещества	Группа	
	I	II
Силос кукурузный, кг	37	41
Комбикорм КР-3	4	4
Солома, кг	1,0	1,2
Патока ржи, кг	–	3,8
В рационе содержится:		
кормовых единиц	17,0	17,8
обменной энергии, МДж	181	190
сухого вещества, г	19,1	20,3
сырого протеина, г	2220	2380
переваримого протеина, г	1490	1520
сырого жира, г	567,4	571,9
сырой клетчатки, г	3760	3597
крахмала, г	2248	2229
сахара, г	1102	1196
кальция, г	97,8	98,4
фосфора, г	61,2	67,0
магния, г	33,4	37,1
калия, г	314,5	307,7
серы, г	51,1	53,2
железа, мг	1229	1150
меди, мг	193	185
цинка, мг	437,8	434,9
марганца, мг	573,8	493,6
кобальта, мг	10,7	10,6
йода, мг	9,3	9,3
каротина, мг	694,5	701
витаминов: D, тыс. ME	14,6	13,9
E, мг	715	711

Следует отметить, что количество сахара в рационе коров опытной группы увеличилось на 7,2%. В связи с этим, сахаро-протеиновое отношение в контрольной группе составило 0,74:1, а в опытной – 0,79:1.

Исследованиями установлено, что зерновая патока в рационе обеспечила повышение количества эритроцитов в крови, что характеризует активизацию окислительно-восстановительных процессов в организме. Разница с контролем составила 10,8% в опытной группе (таблица 4).

Таблица 4. – Морфо биохимический состав крови подопытных коров

Показатель	Группа	
	I	II
Эритроциты, $10^{12}/л$	6,2±0,13	6,87±0,16
Лейкоциты, $10^9/л$	10,3±0,08	11,4±0,27
Гемоглобин, г/л	9,43±1,48	10,2±0,32
Глюкоза, ммоль/л	3,9±0,04	4,7±0,07
Мочевина, ммоль/л	3,8±0,18	3,2±0,21
Общий белок, г/л	85,1±3,00	89,0±0,87
Кальций, ммоль/л	2,54±0,08	2,71±0,07
Фосфор, ммоль/л	1,92±0,06	1,96±0,04
Кислотная емкость по Неводову, мг%	460±1,15	467±6,70

В защитных процессах организма важную роль играют лейкоциты, выполняя функцию фагоцитоза, продуцированию антител, разрушение и удаление токсинов белкового происхождения.

Концентрация лейкоцитов в крови является важным показателем состояния здоровья животного, она увеличилась в опытной группе 10,7%. Анализ содержания лейкоцитов в крови животных опытной группы показало, что их число отвечает физиологическим параметрам и свидетельствует об отсутствии в организме подопытных животных воспалительных процессов незаразного и заразного характера.

Отмечено снижение количества мочевины в крови коров, получавших зерновую патоку, на 16%.

Общий белок и концентрация гемоглобина, в свою очередь, были выше во II опытной группе, что указывает на большую насыщаемость организма кислородом. Уровень белка увеличился в сыворотке крови аналогов II группы на 4,6% по сравнению с контрольными.

Молочная продуктивность коров опытной группы, получавшей 3,8 кг зерновой патоки, (таблица 5) составила 1044 кг против 1032 кг натурального молока в контрольной группе. Валовой надой молока коров опытной группы повысился на 11,3%, а жирность – на 0,2 процентных пункта.

Таблица 5. – Продуктивность подопытных коров

Показатель	Группа	
	I	II
Натуральное молоко:		
валовой надой на 1 корову, кг	1032	1044
среднесуточный надой, кг	17,2	17,4
валовой надой молока базисной жирности	1032	1165
среднесуточный надой базисной жирности, кг	17,2	18,4
% к контролю	100	107,0
Содержание жира,%	3,6	3,8
Содержание белка,%	2,91	3,13

Использование в рационах коров II опытной группы зерновой патоки обеспечило увеличение содержания белка на 0,22 процентных пункта. В пересчете молока на базисную жирность продуктивность коров увеличилась на 12,9%.

Полученные данные свидетельствуют о том, что по себестоимости кормовой единицы в опытной и контрольной группах различий не установлено.

Затраты кормов на 1 кг молока снизились с 0,99 корм. ед. до 0,92 корм. ед. или на 7,1%, а себестоимость производства молока на 8,9%.

Заключение

Использование в кормлении коров зерновой патоки из зерна ржи в количестве 3,8 кг оказывает положительное влияние на физиологическое состояние животных, способствует повышению молочной продуктивности коров на 7%, жирности молока – на 0,2 п. п., содержания белка в молоке – на 0,22 п. п., снижает затраты кормов на получение молока на 7,1%, себестоимость продукции – на 8,7%.

Литература

1. Гамко, Л. Н. Эффективность авансированного кормления коров и нетелей / Л. Н. Гамко, В. А. Малякко, И. В. Малякко // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство, 2012. – № 9. – С. 32–40.
2. Антонович, А. М., Бесараб Г. В. Рубцовое пищеварение и расщепляемость протеина высокобелковых кормов в рубце в зависимости от способа обработки / В сборнике: Современные технологии сельскохозяйственного производства. Сборник научных статей по материалам XXI Международной научно-практической конференции, 2018. – С. 118–120.
3. Бесараб, Г. В. Эффективность разных способов подготовки зерна к скармливанию / Г. В. Бесараб, А. М. Антонович, В. А. Голубицкий, В. В. Букас, В. В. Карелин, В. Н. Куртина // В сборнике: Актуальні питання технології продукції тваринництва. Збірник статей за результатами III Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції. Полтавська державна аграрна академія. – 2018. – С. 123–127.
4. Кот А. Н., Бесараб Г. В., Антонович А. М. Влияние «защиты» протеина на эффективность использования корма молодняком крупного рогатого скота / А. Н. Кот, Г. В. Бесараб, А. М. Антонович // В сборнике: научное обе-

спечение животноводства Сибири. Материалы II международной научно-практической конференции. Красноярский научно-исследовательский институт животноводства – Обособленное подразделение «Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»; Составители: Л. В. Ефимова, Т. В. Зазнобина. 2018.

5. Пайтеров С. Н., Богданович Д. М. Эффективность использования дексаметазона при криоконсервировании эмбрионов крупного рогатого скота / С. Н. Пайтеров, Д. М. Богданович // В сборнике: Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства. Материалы национальной научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня рождения Заслуженного работника высшей школы РФ, Почетного профессора Брянской ГСХА, доктора ветеринарных наук, профессора А. А. Ткачева. 2018. – С. 123–126.

6. Пайтеров С. Н., Богданович Д. М. Эффективность применения раствора мелоксикама в трансплантации эмбрионов крупного рогатого скота / С. Н. пайтеров, Д. М. Богданович // В сборнике: Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства /Материалы национальной научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня рождения Заслуженного работника высшей школы РФ, Почетного профессора Брянской ГСХА, доктора ветеринарных наук, профессора А. А. Ткачева. 2018. – С. 119–122.

7. Радчикова, Г. Н. Гумат натрия в рационах молодняка крупного рогатого скота / Радчикова Г. Н., Цай В. П., Кот А. Н., Акулич В. И., Возмитель Л. А., Букас В. В., Карелин В. В. // Зоотехническая наука Беларуси. 2014. – Т. 49. – № 2. – С. 170–179.

8. Радчикова Г. Н. Органический микробный комплекс (ОМЭК) в составе комбикорма КР-2 для телят/ Радчикова Г. Н., Кот А. Н., Цай В. П., Сапсалева Т. Л., Глинкова А. М., Возмитель Л. А. // В сборнике: Современные технологии сельскохозяйственного производства. Материалы XVII Международной научно-практической конференции. Гродненский государственный аграрный университет. 2014. – С. 251–252.

9. Радчикова, Г. Н. Продуктивность телят в зависимости от количества протеина в составе ЗЦМ / В сборнике: Современные технологии сельскохозяйственного производства. сборник научных статей по материалам XXI Международной научно-практической конференции. Ответственный за выпуск В. В. Пешко. 2018. – С. 204–206.

10. Кот, А. Н. Влияние минеральных добавок из местных источников сырья на эффективность выращивания молодняка крупного рогатого скота/ Кот А.Н., Радчикова Г.Н., Сергучев С.И., Пентилук С.И., Карелин В.В.// Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины. 2010. Т. 46. № 1–2. С. 157–160.

11. Разумовский, Н. П., Богданович Д. М. Обмен веществ и продуктивность бычков при разном количестве нерасщепляемого протеина в рационе Н. П. Разумовский, Д. М. Богданович // Научное обеспечение жив-ва Сибири: мат-лы III Междунар. науч.-практич. конф. Красноярск, 2019. – С. 225–228.

12. Богданович, Д. М., Разумовский Н. П. Физиологическое состояние и продуктивность бычков в зависимости от количества протеина в рационе / Д. М. Богданович, Н. П. Разумовский // Социально-экономические и экологические аспекты развития Прикаспийского региона: межд. научно-практическая конференц., 28-30 мая 2019 г. – Элиста: Изд-во Калм. ун-та, 2019. – С. 197–202.

13. Соколов, В. М. Эффективность использования зерновой патоки в рационах телят до 6-месячного возраста/ В.М. Соколов // Производство продуктов животноводства в Сибири: сб. науч. тр./Россельхозакадемия. Сиб. регион. отд. ГНУ СибНИИЖ. – Новосибирск, 2011. – С. 114–118.

14. Снопков, А. А. Зерновая патока: эффективное решение углеводно-протеинового баланса корма // Наше сельское хозяйство. – № 4. – 2011. – С. 31.

УДК 631.145:658.6

Поступила в редакцию 03.09.2019
Received 03.09.2019

Е. И. Михайловский, к. э. н., доц.

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь,
e-mail: N22-22@yandex.ru*

АГРОПРОМЫШЛЕННЫЙ МАРКЕТИНГ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ АПК

Исследованы основные проблемы агропромышленного маркетинга, решение которых позволит повысить эффективность функционирования предприятий АПК.

Ключевые слова: агропромышленный маркетинг, предприятия, продукция, отрасли, производство.

E. I. Mikhailovsky

*EI "Belarusian State Agrarian Technical University",
Minsk, Republic of Belarus,
e-mail: N22-22@yandex.ru*

AGRICULTURAL MARKETING AS A FACTOR OF INCREASING THE EFFICIENCY OF FUNCTIONING OF ENTERPRISES OF AIC

The main problems of agricultural marketing, the solution of which will increase the efficiency of the functioning of agricultural enterprises, are investigated.

Keywords: agricultural marketing, enterprises, products, industries, production.

В настоящее время для предприятий агропромышленного комплекса (АПК) маркетинг становится одним из условий успешного функционирования в новых экономических условиях. Применение маркетинга позволяет им перестроить свою производственную деятельность с учетом требований, предъявляемых рынком.

Как категория агропромышленный маркетинг может рассматриваться в двух ракурсах. С одной стороны, это совокупность экономических отношений, возникающих в процессе производства и сбыта товаров, ориентированных на конечного потребителя. С другой – это комплекс маркетинговых мероприятий, приемов, осуществляемых всеми участниками производства и реализации товаров различных отраслей АПК.

Роль маркетинговой системы в экономическом механизме предприятий АПК проявляется в ее функциях. Функции планирования ассортимента и повышение качества товаров, сбыта и распределения, рекламы, стимулирования сбыта трансформируются и приобретают в отраслях АПК управленческий характер.

Сельскохозяйственный маркетинг можно рассматривать как процесс управления, связанный с обменом сельскохозяйственной продукцией от точки конечного производства до первоначального потребителя. При этом объектом маркетинга является продукция, поступающая за пределы отрасли непосредственно потребителям или в качестве сырья для промышленной переработки.

С внутриотраслевой точки зрения оборот продукции выступает как промежуточный результат деятельности предприятий. Поэтому процесс управления обменом результатами деятельности между подразделениями такого рода предприятий можно рассматривать как внутривладельческий маркетинг.

Агропромышленный маркетинг охватывает движение сельскохозяйственной продукции от сельскохозяйственных товаропроизводителей через переработку и распределение к непосредственным покупателям.

Структуры маркетинговых систем объединяют движение сельскохозяйственной продукции, предметов ее переработки, продовольственных и непродовольственных предметов потребления из сельскохозяйственного сырья и производственно-техническими услуг по сферам АПК и влияют на формирование конечной цены, которую платит потребитель.

С точки зрения предприятий АПК, маркетинг – это деятельность предприятия необходимая для реализации своего товара и включающая: выявление потребностей покупателей и потенциальных клиентов, определение структуры товара, обеспечение его эффективной доставки к потребителям, установление цены продажи, информирование покупателей и убеждение их купить данный товар.

Конечным продуктом АПК являются товары пригодные для непосредственного потребления. В натуральной форме продукт пищевой и перерабатывающей промышленности – это продукция сельского хозяйства, непосредственно поступающая населению; предметы потребления из сельскохозяйственного сырья; сельскохозяйственная продукция и предметы ее переработки, направляемые для реализации населению.

Используя функциональную структуру АПК, включающую пять взаимосвязанных стадий (сельскохозяйственное производство; производство предметов потребления, изготавливаемых из сельскохозяйственного сырья; производственно-техническое и технологическое обслужи-

вание; реализация конечной продукции), можно рассматривать составные части агропромышленного маркетинга в зависимости от направления деятельности маркетинговых структур (внутрихозяйственный маркетинг, сельскохозяйственный, маркетинг пищевой и перерабатывающей промышленности).

Эффективность маркетинговой деятельности как фактора производства сложно определить. В общем виде эффективность маркетинга измеряется соотношением маркетинговой полезности и маркетинговых затрат. Затраты маркетинга – это разница между суммой платежа потребителя за продукт и суммой, которую получает производитель. Она включает расходы на выполнение маркетинговых функций и прибыль предприятий маркетинговой системы.

Для оценки эффективности маркетинга необходимы следующие показатели: степень оказываемого влияния действий одного предприятия маркетинговой системы на прибыль других, степень трудности вхождения и закрепления на рынке нового предприятия. Рассмотрение данных показателей позволит определить уровень конкуренции в маркетинговой ступени, которая может снизить эффективность деятельности предприятия.

Эффективность маркетинговой деятельности должна проявляться по следующим направлениям: технология, организация выполнения функций маркетинга, ценообразование, исследование зависимости цен от спроса и предложения, рыночная координация, внедрение нового товара с обоснованными затратами и ценами, устойчивость и рост экономики предприятия.

Маркетинг может рассматриваться статически – состояние предприятия или рынка в какой-то момент времени и динамически – за определенный период времени.

При динамическом подходе можно рассматривать следующие показатели: размер предприятия с точки зрения прибыльности, взаимосвязь затрат на маркетинг по сравнению с затратами на производство, обоснованность цены товара относительно затрат и размеров прибыли, уровень качества и ассортимент данного товара на рынке, инновационность товара и технологий производства.

Организационно-экономические особенности функционирования производственного потенциала предприятий АПК полностью определяются тесной взаимосвязью большинства его отраслей с сельскохозяйственным производством.

По сравнению с продукцией других отраслей, сельскохозяйственная продукция объемная, скоропортящаяся и требует значительных затрат на транспортировку и хранение. Многие виды сельскохозяйственной продукции требуют хранения в специальных хранилищах, организации немедленной переработки и охлаждения, создание эффективной системы контроля за качеством.

Значительный разброс и непредсказуемость показателей годовых объемов производства сельскохозяйственной продукции, зависимость от цен реализации, государственных закупок, программ и дотаций, погодных условий, болезней и вредителей оказывают значительное давление на маркетинговую логистику, особенно на использование емкостей хранилищ, загрузку перерабатывающих и торговых предприятий. Сезонность производства сельскохозяйственной продукции предъявляет особые требования к хранилищам, способам доставки к потребителям. срокам транспортировки в зависимости от вида продукции, влияет на неравномерность загрузки хранилищ и транспорта в течение года, что в целом изменяет затраты маркетинга.

Специализация при производстве продукции в разных регионах влияет на удлинение маркетингового канала и усиливает важность транспортной функции маркетинга. Изменения в специализации требуют изменений в маркетинговой системе.

Поэтому основными проблемами агромаркетинга в настоящее время являются:

– разрыв между секторами производства и маркетинга продуктов питания, так как сельскохозяйственные производители часто не используют в своей практической деятельности функции маркетинга, т.е. не доводят свою продукцию до конечного потребителя, которым для них являются чаще всего перерабатывающие предприятия;

– ввиду наличия предприятий различных размеров, осуществляющих производство продуктов питания, наличия в сельском хозяйстве неконтролируемых факторов (погода, болезни животных, вредители растений), снижающих урожайность и продуктивность животных, практически невозможна организация контроля за выпуском продукции на таком же уровне, как у предприятий других сфер АПК;

- повышенные риски производства, обусловленные относительной непредсказуемостью и неконтролируемостью объемов и факторов производства;
- неадекватность ценовой эффективности рынка продуктов и системы маркетинговых мероприятий, так как заключение контрактов и осуществление прямых сделок не гарантируют высокий уровень получаемой цены.

Таким образом, агропромышленный маркетинг, представляющий собой всю совокупность мероприятий, связанных с обменом сельскохозяйственной продукции и предметов ее переработки, продовольственными и непродовольственными предметами потребления из сельскохозяйственного сырья, производственно-техническими услугами, охватывающий снабжение предприятий АПК, сельскохозяйственное производство, переработку, распределение и сбыт конечным потребителям, включая анализ их потребностей, мотиваций и предпочтений, является одним из основных факторов обеспечивающим эффективное использование ресурсного потенциала наиболее значимой сферы АПК, что в итоге приводит к повышению эффективности сельскохозяйственного производства.

Литература

1. Колз Р. Л., Ул Дж. Н. Маркетинг сельскохозяйственной продукции. М.: Колос, 2000. – 512 с.
2. Ключач В. А. Маркетинг сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия. – М.: 1998. – 176 с.

УДК 631.312.69

Поступила в редакцию 30.06.2019
Received 30.06.2019

П. П. Бегун¹, к. т. н., К. М. Рассошенко², инженер

*¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь,
e-mail: behun@mail.ru*

*²ГУ «БелМИС»,
п. Привольный, Минская обл., Республика Беларусь,
e-mail: kostyarass@rambler.ru*

ЛУЩИЛЬНИК ДИСКОВЫЙ РОМБОВИДНЫЙ ЛДР-9

В статье представлено устройство и работа лущильника дискового ромбовидного ЛДР-9. Приведена его техническая характеристика.

Ключевые слова: лущильник, обработка почвы, лущение стерни, сферический диск.

P. P. Behun¹, K. M. Rassoshenco²

*¹RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»,
Minsk, Republic of Belarus,
e-mail: himvsh@mail.ru*

*²State Institution «Belarus Machine-Testing Station»,
Privolny, Minsk region, Republic of Belarus*

CULTIVATOR DISK DIAMOND ЛДР-9

The article presents the design and operation of a cultivator disk diamond ЛДР-9. Its technical characteristics are given.

Keywords: cultivator, tilling, stubbling, a spherical disk.

Лущение подразумевает собой прием обработки почвы, обеспечивающий рыхление, перемешивание и ее частичное оборачивание, а также подрезание сорняков. При лущении заделывают часть стерни, а вместе с ней семена сорняков во влажный слой почвы и, тем самым, создают

благоприятные условия для их прорастания. Всходы и проростки сорняков затем легко уничтожаются последующими обработками. Лушение частично уничтожает вредителей, возбудителей болезней, обитающих на стерне. С помощью лушения на поверхности поля создают рыхлый, мульчирующий слой почвы, который защищает почвенную влагу от испарения. Лушение повышает качество крошения пласта при пахоте, особенно почв недостаточной влажности. Даже сухие почвы после лушения за счет конденсации влаги из воздуха в ночное время увлажняются до такой степени, что обеспечивается их удовлетворительное крошение.

В результате лушения нижележащие слои почвы становятся более рыхлыми, что обеспечивает снижение тягового сопротивления плуга до 30% и значительно повышает производительность при одновременном улучшении качества вспашки и снижении затрат труда и расхода топлива [1].

Основным требованием к послеуборочному лушению являются сроки его проведения. Обработка стерни, которая проводится в течение 3–7 дней после уборки, обеспечивает прибавку урожайности последующих яровых зерновых культур на уровне 2–3 ц/га [1].

В Республике Беларусь максимальная ширина захвата применяемых машин, для лушения стерни не превышает 6–7,5 метра, что растягивает сроки проведения данной операции и обеспечивает их эффективное использование только на полях с определенной длиной гона. Кроме того, они не обеспечивают требуемую минимальную глубину обработки. Так как в республике и странах СНГ машины, способные удовлетворить предъявляемые к лушению стерни требования, не производятся, то РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработан дисковый лушитель ЛДР-9, способный работать практически на всех типах почв и выполнять обработку стерни зерновых культур, кукурузы, рапса, трав. Кроме того, его можно использовать при подготовке почвы под картофель, свеклу и другие культуры, а также для полупаровых обработок зяби.

Основой лушителя является прочная центральная рама 2, удерживающая цепочки дисков 8 в виде ромба (рисунок 1). Конструкция рамы, выполненной из профильного металлопроката, обеспечивает прочную устойчивую платформу. Впереди в сниту 1 встроены гидравлический цилиндр 3. Он используется для того, чтобы выровнять лушитель и поддерживать раму параллельно земле, обеспечивая, таким образом, эффективную его работу.

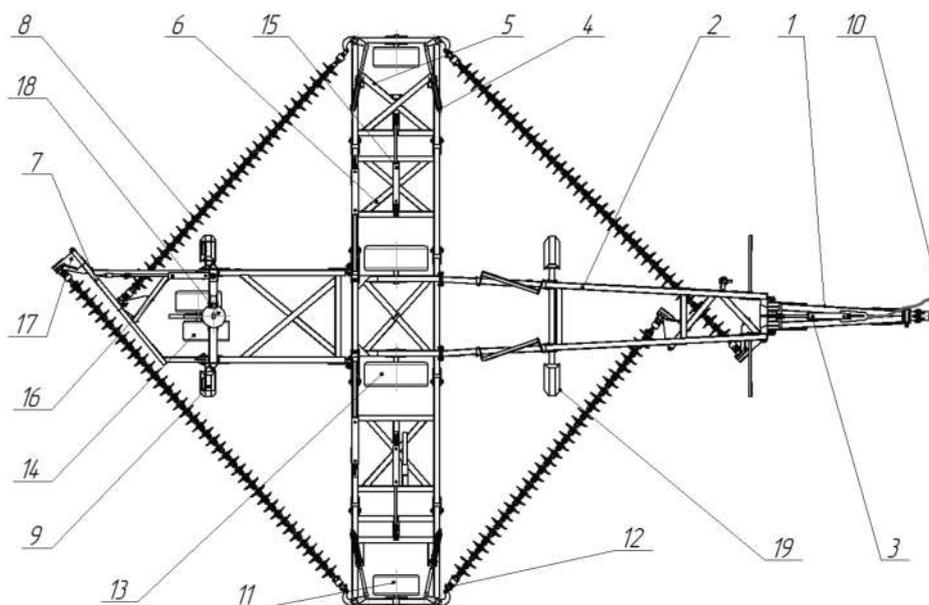
Колеса равномерно распределяют вес лушителя по земле, чтобы минимизировать уплотнение почвы и помочь ему следовать контуру земли. Два опорно-транспортных колеса 14 сзади расположены так, чтобы выдерживать вес лушителя в сложенном состоянии. Для предотвращения их колебания, они смещены друг от друга и притормаживаются дисковым тормозом, установленным на вершине поворотной оси.

По обеим сторонам лушителя располагаются крылья 5 с опорными колесами 11, увеличивающие рабочую ширину захвата до девяти метров. Крылья шарнирно соединяются через промежуточные секции с центральной рамой 2, что позволяет им плавать вверх и вниз, копируя, таким образом, контуры обрабатываемого поля. С помощью гидроцилиндров 15 крылья складываются вертикально при переводе его в транспортное положение.

Хвостовая часть 7 сзади также складывается для транспортировки, поднимая батареи из дисков вверх, чтобы уменьшить их общую длину. К раме крепятся металлические опоры 9,19, удерживающие цепи дисков в транспортном положении и не допускающие их трение об основную раму, во избежание повреждения лакокрасочного покрытия. В целях обеспечения безопасного транспортирования лушителя по дорогам общего пользования и при переезде с одного поля на другое на крыльях предусмотрен транспортный замок, что является полезной функцией безопасности.

Особенностью конструкции лушителя является то, что его рабочие органы выполнены в виде литых цельнометаллических сферических дисков с проушиной снаружи и крючком внутри, благодаря которым, диски собираются в цепочку и устанавливаются на раме лушителя в виде ромба.

Такое исполнение обеспечивает лучшее копирование рельефа и надежность выполнения технологического процесса.



1 – сница; 2 – центральная рама; 3 – гидроцилиндр; 4 – амортизатор; 5 – крыло; 6 – промежуточная секция; 7 – хвост; 8 – диск; 9 – электрооборудование; 10 – гидросистема; 11 – опорные колеса; 12 – вертлюг; 13, 14 – опорно-транспортные колеса; 15, 16 – гидроцилиндр; 17 – регулятор

Рисунок 1. – Луцильник дисковый ромбовидный ЛДР-9

На каждом конце цепочки диска расположен вертлюг 12, который позволяет всей цепочке дисков легко вращаться и катиться по земле. Тонкий гладкий профиль шарнирного соединения также помогает предотвратить наматывание растительных остатков на цепь.

Поддержание натяжения дисковых батарей является одним из немногих важных элементов технического обслуживания луцильника, который обеспечивает правильную работу цепей дисков, их эффективность и предотвращает ненужный износ. То, как отрегулирован пружинный механизм 4, также гарантирует, что цепи дисков не распадутся, а останутся заблокированными. Сжатая пружина на резьбовом стержне обеспечивает постоянное натяжение и может быть легко затянута гаечным ключом для поддержания правильного натяжения. На внутреннем конце каждой цепи имеется регулятор 17 со щелевыми отверстиями и цепочка для поднятия и опускания цепи дисковых батарей. Он определяет степень тонкой настройки луцильника. Перемещая цепочку по щелевым отверстиям вверх или вниз, можно открыть или закрыть центральную борозду, получив идеально ровную гладкую обработанную поверхность.

Технологический процесс, выполняемый луцильником, заключается в следующем: сначала луцильник с помощью гидросистемы трактора переводится в рабочее положение, включается необходимая рабочая передача трактора и начинается движение по полю (по длине гона). При движении луцильника передние секции сферических дисков производят разрезание и дробление растительных остатков, а также рыхление почвы; задние секции сферических дисков производят дополнительное рыхление почвы и мульчирование обрабатываемого слоя растительными остатками.

На рисунках 2 и 3 представлен луцильник в транспортном и, соответственно, в рабочем положениях.

Техническая характеристика

Тип агрегата	Полунавесной
Ширина захвата, м	9
Рабочая скорость движения, км/ч	10–15
Производительность за 1 час основного времени, га	9–13,5
Глубина обработки, см	4–8
Масса, кг	6850



Рисунок 2. – Луцильник ЛДР-9 в транспортном положении



Рисунок 3. – Луцильник ЛДР-9 в рабочем положении

В 2018 году луцильничек ЛДР-9 успешно прошел государственные приемочные испытания в ГУ «Белорусская МИС». Результаты испытаний свидетельствуют о том, что он качественно выполняет технологический процесс луцильничества стерни зерновых, рапса, кукурузы. Также качественно выполняет полупаровую обработку зяби и почвы после вспашки, расходуя при этом 5-6 кг/га топлива, и обеспечивает производительность за час основного времени 9,81-13,41 га.

Годовой приведенный экономический эффект от использования луцильничка дискового ромбовидного ЛДР-9 в сравнении с луцильничком американской фирмы Kelly МРН-9000 составляет 42108,40 рублей, срок окупаемости абсолютных капитальных вложений – 2,6 года [2].

Литература

1. Булавин, Л. А. Луцильничество стерни / Л. А. Булавин, С. С. Небышинец // Белорусская Нива. – 2013. – № 138.
2. Протокол № 118 Б1/2-2018ИЦ приемочных испытаний луцильничка дискового ромбовидного ЛДР-9 [Текст] / ГУ «Белорусская МИС». – Привольный, 2018. – 81 с.

И. Н. Дударев, д. т. н., проф.

*Луцкий национальный технический университет,
г. Луцк, Украина,
e-mail: i_dudarev@ukr.net*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ СЫПУЧЕГО МАТЕРИАЛА РЕШЕТОМ СЕПАРАТОРА НОЖНИЧНОГО ТИПА

В статье предложена конструкция сепаратора сыпучих материалов ножничного типа. Исследован процесс перемещения сыпучего материала решето сепаратора и получены зависимости, которые решают описать данный процесс, а также определить рациональные параметры сепаратора для обеспечения его эффективной работы.

Ключевые слова: сыпучий материал, сепаратор, сепарация, перемещения сыпучего материала решето, параметры сепаратора.

I. M. Dudarev, Grand PhD in Engineering sciences, Prof.

*Lutsk national technical university,
Lutsk, Ukraine,
e-mail: i_dudarev@ukr.net*

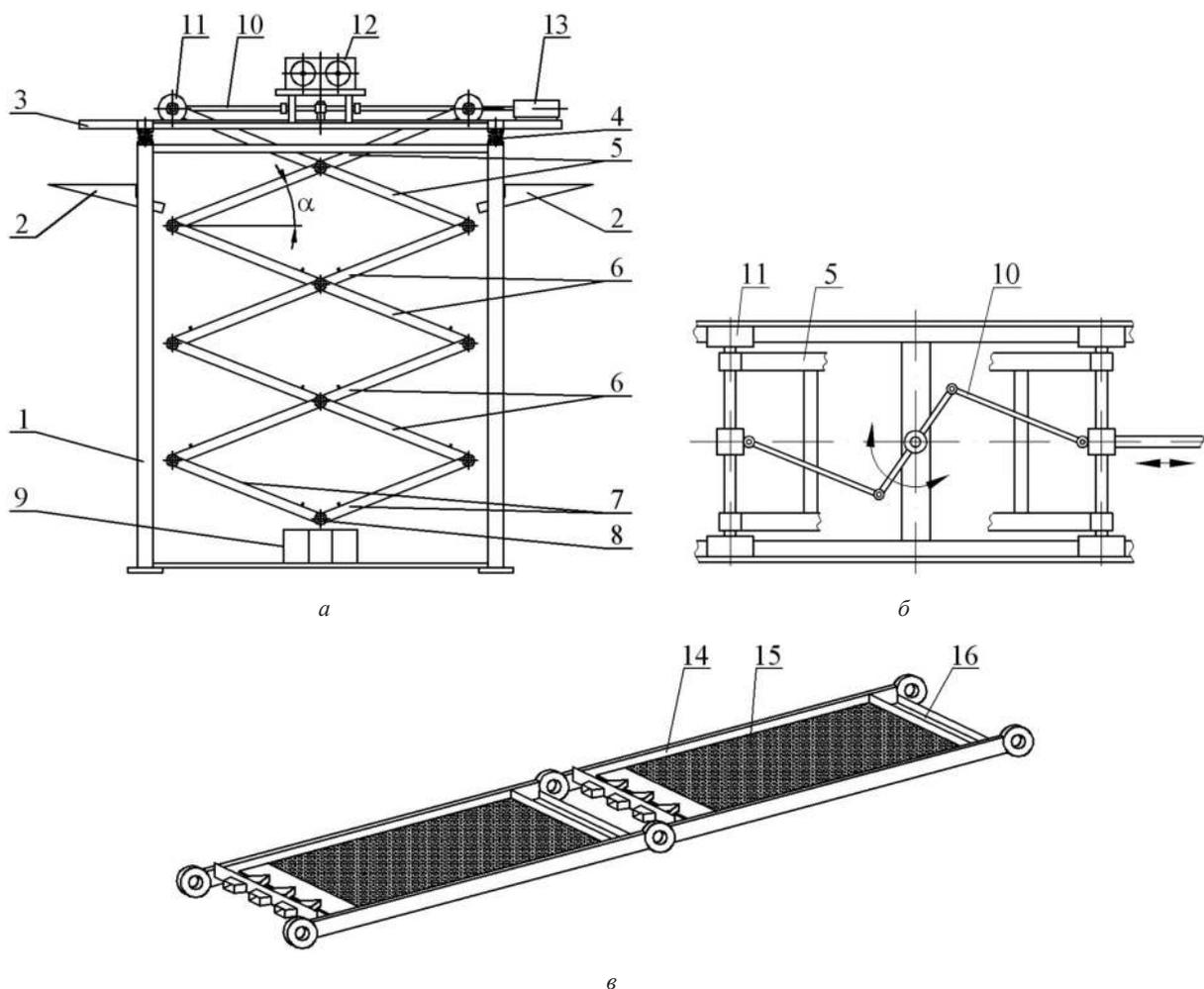
RESEARCH OF BULK MATERIAL MOVING PROCESS BY SIEVE OF THE SCISSORS TYPE SEPARATOR

The design of the bulk materials separator of scissors type is presented in the article. The process of bulk material moving by sieve of the scissors type separator has been investigated, as a result of which dependencies have been obtained that allow us to describe this process and also determine rational separator parameters to ensure its efficient operation.

Keywords: bulk material, separator, separation, bulk material moving by sieve, separator parameters.

В сельском хозяйстве, в частности при первичной очистке зерна и в кормопроизводстве, широко распространен процесс сепарации сыпучих материалов на фракции или их смесей на компоненты [1–3]. Для сепарации сыпучих материалов предлагается конструкция сепаратор ножничного типа. Сепаратор состоит из неподвижной рамы, на которой сверху, на упругих опорах, расположена подвижная рама (рисунок 1, а). На подвижной раме расположены вибровозбудитель, механизм регулировки угла наклона решет и механизм сепарации. Механизм регулировки угла наклона решет содержит симметричный кривошипно-шатунный механизм (рисунок 1, б), два шатуна которого присоединены к двум осям с роликами. Также к осям присоединен механизм сепарации, который состоит из системы секций-рычагов трех различных конструкций, которые соединены крестообразно (по типу «ножницы») с помощью шарниров. Между боковыми рамами секций-рычагов расположены пересыпные полочки, каждая из которых содержит плоское решето и поддон. С помощью гидроцилиндра и механизма регулировки угла наклона решет обеспечена возможность изменения угла α наклона всех плоских решет и поддонов к горизонту в пределах от наименьшего значения α_{\min} до наибольшего значение α_{\max} , в зависимости от физико-механических свойств сыпучего материала или смеси сыпучих материалов, поступающих на сепарацию.

Процесс сепарации проходит аналогично на пересыпных полочках всех секций-рычагов (рисунок 1, в). Во время движения сыпучего материала (смеси) наклонным плоским решето вниз его мелкая фракция (компонент смеси) проходит через отверстия в плоском решете и оказывается на поддоне. Крупная фракция сыпучего материала (компонента смеси) с неотделенной частью мелкой фракции движутся плоским решето вниз, откуда они направляются на верхнюю часть плоского решета пересыпной полочки, которая расположена ниже. Пересыпание сыпучего мате-



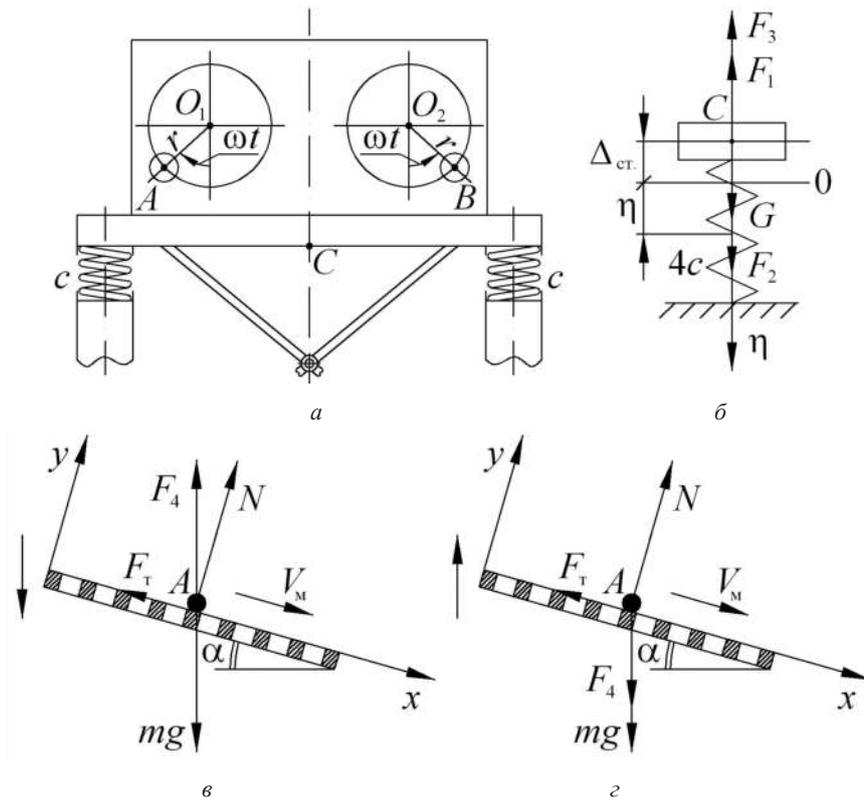
a – сепаратор; *б* – механизм регулировки угла наклона решет; *в* – секция-рычаг (1 – неподвижная рама; 2 – загрузочная горловина; 3 – подвижная рама; 4 – упругая опора; 5, 6, 7 – секции-рычаги; 8 – шарнир; 9 – емкости для фракций материала; 10 – механизм регулировки угла наклона решет; 11 – ролик; 12 – вибровозбудитель; 13 – гидроцилиндр; 14 – рама; 15 – решето; 16 – поддон)

Рисунок 1. – Сепаратор ножничного типа

риала из одного плоского решета на другое способствует интенсификации процесса сепарации. Также интенсифицируют сепарацию изменение направления потока сыпучего материала и вибрация механизма сепарации. Отделенная мелкая фракция сыпучего материала движется вниз поверхностью поддона одной секции-рычага и направляется на поддон секции-рычага, которая расположена ниже. Сыпучий материал (смесь) движется механизмом сепарации двумя отдельными потоками (левым и правым) и процесс сепарации каждого потока происходит отдельно, но аналогично.

Вибровозбудитель сепаратора содержит два диска, которые вращаются с постоянной угловой скоростью ω вокруг горизонтальных осей O_1 и O_2 (рисунок 2, *a*). Массы дисков m_d равны и сосредоточены в точках A и B . Диски вращаются в противоположные стороны и их точки A и B в любой момент симметричны относительно вертикальной оси вибровозбудителя. Составим уравнение движения центра тяжести C подвижной рамы с механизмом сепарации и сыпучим материалом (принимая, что масса сыпучего материала постоянна) вдоль вертикальной оси η , если в начальный момент точка C находилась в положении статического равновесия, а ее скорость V_0 была направлена по вертикали вниз. Расчетная модель подвижной рамы с механизмом сепарации и сыпучим материалом представлена на рисунке 2, *б*. В соответствии с принципом Даламбера имеем [4]:

$$-F_1 + F_2 + G - F_3 = 0, \quad (1)$$



a – схема для расчета сепаратора; *б* – расчетная модель сепаратора; *в* – схема для определения сил, которые действуют на частицу во время движения решета вниз; *г* – схема для определения сил, которые действуют на частицу во время движения решета вверх

Рисунок 2. – Схемы для расчета сепаратора ножничного типа

где F_1, F_2 – силы инерции, которые действуют на точку C, H ;

G – сила тяжести подвижной рамы с механизмом сепарации и сыпучим материалом, H ;

F_3 – сила упругости, H .

Для уравнения (1) силы определяются по выражениям:

$$F_1 = (2m_d + m_p + m_m)\ddot{\eta}, \quad F_2 = 2m_d\omega^2 r \cos(\omega t), \quad G = 4c\Delta_{ст} \quad \text{и} \quad F_3 = 4c(\Delta_{ст} + \eta),$$

где m_d, m_p, m_m – соответственно, массы диска, подвижной рамы с механизмом сепарации и сыпучего материала, кг;

ω – угловая скорость вращения диска, рад./с;

r – длина отрезков O_1A и O_2B , м;

c – коэффициент жесткости пружин (упругих опор), Н/м;

$\Delta_{ст}$ – статическая деформация пружины, м;

η – перемещение точки C вдоль оси η , м;

$\ddot{\eta}$ – ускорение точки C вдоль оси η , м/с²;

t – время, с.

Подставляя значение сил F_1, F_2, G и F_3 в уравнение (1), получим:

$$-(2m_d + m_p + m_m)\ddot{\eta} + 2m_d\omega^2 r \cos(\omega t) + 4c\Delta_{ст} - 4c(\Delta_{ст} + \eta) = 0. \quad (2)$$

Введем обозначения $k^2 = \frac{4c}{2m_d + m_p + m_m}$ и $h = \frac{2m_d\omega^2 r}{2m_d + m_p + m_m}$, тогда уравнения (2) примет вид:

$$\ddot{\eta} = h \cos(\omega t) - k^2\eta. \quad (3)$$

Решение дифференциального уравнения (3) при начальных условиях $t_0 = 0; \eta(0) = 0; \dot{\eta}(0) = V_0$ [4]:

$$\eta = \frac{V_0}{k} \sin(kt) + \frac{h}{k^2 - \omega^2} (\cos(\omega t) - \cos(kt)). \quad (4)$$

Исследуем процесс перемещения сыпучего материала решетом сепаратора. Уравнения перемещения частицы сыпучего материала (точки A) по поверхности решета в системе координат xu будут иметь вид (рисунок 2, ϵ, ϱ):

$$\left. \begin{aligned} m\ddot{x} &= mg \sin \alpha \mp F_4 \sin \alpha - F_T; \\ m\ddot{y} &= N \pm F_4 \cos \alpha - mg \cos \alpha; \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

где \ddot{x}, \ddot{y} – ускорение частицы сыпучего материала вдоль осей x и y , m/c^2 ;

m – масса частицы сыпучего материала, $кг$;

α – угол наклона решета к горизонту, $град$;

F_4 – сила инерции, возникающая при колебательном движении решета, H ;

F_T – сила трения, возникающая при движении частицы сыпучего материала по поверхности решета, H ;

N – нормальная реакция поверхности решета, H ;

g – ускорение свободного падения, m/c^2 .

Допускаем, что частица сыпучего материала во время сепарации не отрывается от поверхности решета ($\ddot{y} = 0$), тогда со второго уравнения системы (5) получим:

$$N = mg \cos \alpha \mp F_4 \cos \alpha. \quad (6)$$

Учитывая, что $F_T = fN$ и $F_4 = m\ddot{\eta}$, с первого уравнения системы (5) получим:

$$\ddot{x} = (g \mp \ddot{\eta})(\sin \alpha - f \cos \alpha). \quad (7)$$

Решение дифференциального уравнения (7) при начальных условиях $t_0 = 0, x(0) = x_0, \dot{x}(0) = V_{m0}$, разрешает получить уравнения для определения скорости \dot{x} и ускорения \ddot{x} частицы материала на решетке вдоль оси x :

$$\dot{x} = (\sin \alpha - f \cos \alpha) \left[gt \mp \frac{h(k \sin(kt) - \omega \sin(\omega t))}{k^2 - \omega^2} \pm V_0(1 - \cos(kt)) \right] + V_{m0}, \quad (8)$$

$$x = (\sin \alpha - f \cos \alpha) \left[\frac{gt^2}{2} \pm \frac{h(\cos(kt) - \cos(\omega t))}{k^2 - \omega^2} \mp \frac{V_0 \sin(kt)}{k} \right] + x_0. \quad (9)$$

В уравнениях (5) – (9) верхние знаки – для случая движения решета вместе с подвижной рамой вниз (рисунок 2, ϵ), а нижние знаки – для случая движения решета с подвижной рамой вверх (рисунок 2, ϱ).

Анализ сил, которые действуют на частицу материала во время движения решета вверх и вниз, показывает, что наиболее неблагоприятный случай во время движения решета вниз, поскольку сила инерции F_4 будет препятствовать движению частицы материала вниз. Рассмотрим этот случай и определим условие, при котором во время движения решета вниз частица материала будет продолжать движение решетом вниз:

$$mg \sin \alpha > F_4 \sin \alpha + F_T. \quad (10)$$

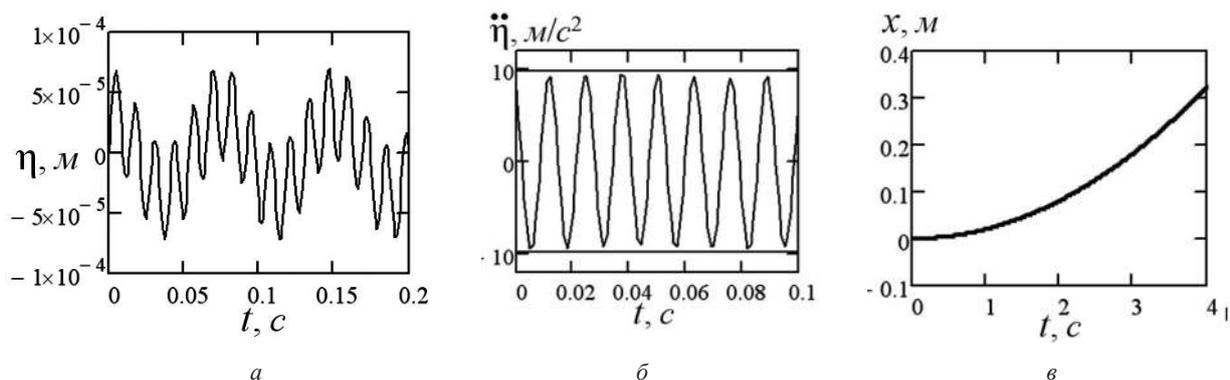
После подстановки значений сил F_T и F_4 в условие (10), получим:

$$g(\sin \alpha - f \cos \alpha) > \ddot{\eta}(\sin \alpha - f \cos \alpha)$$

или $g > \ddot{\eta}$, при условии, что $(\sin \alpha - f \cos \alpha) > 0$. (11)

Учитывая уравнения (3) и (4), условие (11) будет иметь вид:

$$g > h \cos(\omega t) - k^2 \left[\frac{V_0}{k} \sin(kt) + \frac{h}{k^2 - \omega^2} (\cos(\omega t) - \cos(kt)) \right]. \quad (12)$$



a – график перемещение точки *C* вдоль оси η в зависимости от времени *t*; *b* – график ускорения точки *C* вдоль оси η в зависимости от времени *t*; *v* – график перемещение частицы материала вдоль оси *x* в зависимости от времени *t*

Рисунок 3. – Графические зависимости при $c = 9,8 \cdot 10^6 \text{ Н/м}$; $m_d = 1,8 \text{ кг}$; $m_p = 150 \text{ кг}$; $m_m = 10 \text{ кг}$; $\omega = 83,73 \text{ рад/с}$; $r = 0,05 \text{ м}$; $V_0 = 0,01 \text{ м/с}$; $x_0 = 0$; $\alpha = 23 \text{ град}$; $f = 0,42$.

График (рисунок 3, *a*), который получен с помощью уравнения (4), позволяет определить амплитуду колебаний подвижной рамы с механизмом сепарации и сыпучим материалом. График (рисунок 3, *b*), который получен с помощью уравнения (3), позволяет проверить выполнения условия (12). Анализ графика показывает, что в рассматриваемом случае абсолютное значение ускорения частицы материала (точки *A*) не превышает значения $g = 9,81 \text{ м/с}^2$, следовательно, во время движения решета вниз частица материала будет продолжать движение решетом вниз. График (рисунок 3, *v*), который получен с помощью уравнения (9), позволяет определить время передвижения частицы материала решетом.

Теоретические зависимости, которые получены в результате исследования, позволяют описать процесс перемещения сыпучего материала решетом сепаратора ножничного типа, а также определить рациональные параметры сепаратора для обеспечения его эффективной работы.

Литература

1. Заика, П. М. Сепарация семян по комплексу физико-механических свойств / П. М. Заика, Г. Е. Мазнев. – М. : Колос, 1978. – 287 с.
2. Карташевич, С. М. Механико-технологические основы повышения эффективности механизированных комплексов для послеуборочной обработки зерна и семян: монография / С. М. Карташевич. – Минск : РУП “БелНИИ-агроэнерго”, 2001. – 288 с.
3. Дударев, І. М. Розрахунок машин зі спіральними робочими поверхнями: монографія / І. М. Дударев. – Луцьк : Інформ.-вид. відділ Луцького НТУ, 2017. – 228 с.
4. Бондаренко, А. А. Теоретична механіка: підручник: у 2 ч. – Ч. 2 : Динаміка / А. А. Бондаренко, О. О. Дубінін, О. М. Переяславцев. – К. : Знання, 2004. – 590 с.

И. М. Михайленко, д. т. н., доцент

*ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»,
e-mail: ilya.mihailenko@yandex.ru*

УПРАВЛЕНИЕ АГРОТЕХНОЛОГИЯМИ И РОБОТИЗИРОВАННЫЕ СРЕДСТВА РЕАЛИЗАЦИИ*

Предложена концепция управления агротехнологиями, предусматривающая четыре уровня управления: стратегический, программный, локально-корректирующий и исполнительский.

Ключевые слова: концепция управления, иерархические уровни, агротехнологии, роботизированная техника.

I. M. Mikhailenko, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

*FSBI "Agrophysical Research Institute",
e-mail: ilya.mihailenko@yandex.ru*

MANAGEMENT OF AGROTECHNOLOGIES AND ROBOTIZED AND ROBOTIZED MEANS OF IMPLEMENTATION*

The concept of agrotechnology management has been proposed, which provides for four levels of management: strategic, program, local corrective and executive.

Keywords: management concept, hierarchical levels, agrotechnologies, robotic technology.

Аграрные растениеводческие технологии реализуются на нескольких сельскохозяйственных полях со сменяющимися на них культурами севооборотов и включают в себя набор современных технологических машин, оборудованных средствами регулирования параметрами технологических операций, посредством которых осуществляется общее управление состоянием посевов на полях с целью получения конечного результата – урожая. При этом отдельное сельскохозяйственное поле с посевом культуры может рассматриваться как самостоятельный объект управления (ОУ). Он обладает рядом уникальных особенностей, существенно отличающих его от других объектов и систем, для которых теория управления их состоянием уже давно разработана.

Приведенные выше особенности агротехнологий и сельскохозяйственных полей, как ОУ не позволяют решать задачу управления напрямую, а приводят к необходимости ее реализации в несколько этапов. Здесь мы должны иметь в виду, что любая технологическая операция, посредством которой осуществляется управление, затрачивает строго определенный энергетический и материальный ресурс, которым необходимо располагать перед началом операции. Точное земледелие, поэтому и называется точным, что здесь используются методы определения и учета общего расхода каждого технологического ресурса и способа его доставки к посеву по всему сельскохозяйственному полю с учетом пространственной неоднородности его характеристик и свойств.

Наличие управляющих воздействий с существенно различающейся временной реакцией на них посевов, приводят к необходимости организации нескольких уровней управления, согласованных между собой, как по параметрам состояния, так и по достижимым целям управления и критериям оптимальности [1]. При этом на самом верхнем уровне, который можно назвать стратегическим, должно находиться управление, реакция на которое проявляется в течение нескольких сельскохозяйственных сезонов. Наличие такого уровня позволит более строго обосновывать дозы внесения удобрений и мелиорантов и тем самым исключать провалы урожайности при смене культур в севооборотах, а также перерасход удобрений и стабилизировать почвенной плодородие в течение длительного времени.

Следующий иерархический уровень управления реализуется на отдельном периоде вегетации и предусматривает технологическое воздействие с реакцией в суточном масштабе времени. При этом необходимо отметить, что сочетание больших размеров поля и значительный общий расход ресурсов, затрачиваемых при реализации технологий, при существенно ограниченной мощности оперативного воздействия со стороны технологических машин, приводят к необходимости предварительного определения расхода каждого используемого технологического ресурса в течение одного сельскохозяйственного года. В этом собственно и заключается вторая ступень или этап общей задачи технологического управления: определение общей величины используемого технологического ресурса, необходимого для достижения цели управления в течение одного периода вегетации. При решении этой задачи не имеет смысла учитывать пространственную неоднородность сельскохозяйственного поля, так как общий расход ресурса определяется его средним значением и площадью поля. По своей физической сути – эту задачу можно определить, как общее балансное управление (ОБУ), посредством которого обеспечивается требуемый средний уровень продуктивности по полю и общий баланс требуемого и используемого ресурса. С точки зрения науки об управлении – это классическая задача оптимального программного управления. По принятой в настоящее время терминологии в ТЗ, она может быть отнесена к этапу off-line.

Очевидно, что из всего множества состояний ОУ, нас будет интересовать только их математическое ожидание, определяемое по пространственным координатам. При этом наличие почвенной среды (ПС), как основного канала передачи управления сводит задачу ОБУ к определению оптимальных средних по поверхности поля параметров состояния ПС, обеспечивающих достижение общей цели управления.

Подвижный и распределенный характер, импульсное по форме ОБУ – удобно решать в две ступени. На первой ступени целесообразно не вводить никаких ограничений на технологические операции, а учитывать только потенциал самой почвы и культуры. В этом случае мы подвигаем состояние ПС свободному виртуальному варьированию, направленному на достижение поставленной цели. Поэтому и результат, полученный на первой стадии ОБУ, может рассматриваться, как потенциальный урожай.

Вторая ступень, или этап программного управления, призвана определить оптимальные параметры технологических операций. Они должны обеспечить наилучшее приближение к требуемому оптимальным средним по площади поля параметрам состояния ПС и определить интенсивность внекорневых воздействий на растения. Этот уровень управления можно определить, как исполнительное балансное управление (ИБУ). Для его реализации достаточно информации об отклонении математического ожидания параметров состояния ПС от полученной на первой ступени оптимальной траектории развития посева.

Отметим, что первые две ступени управления являются программными или планирующими, т.е. показывают, каким образом количественно оценить и применить управляющий ресурс технологий. Поэтому по принятой международной терминологии их можно назвать этапы off-line 1 и off-line 2.

Для реализации технологического управления в реальном времени нам необходимо ввести его третью ступень или уровень – локально-корректирующее управление (ЛКУ), призванное одновременно воспроизвести основное ресурсное управление и скомпенсировать пространственную неоднородность поля и временную неопределенность. Здесь уже требуется информация о реальных локальных отклонениях параметров состояния ОУ от оптимальных программ, которые были обоснованы на верхних уровнях управления. По принятой международной терминологии этот этап управления может быть назван on-line.

Мы рассмотрели три основных уровня управления технологическими операциями, охватывающих годовой и суточный масштабы времени. Но пока вне нашего внимания остался часовой масштаб времени, в котором реализуется управление водным режимом посевов. Это самый нижний – исполнительный – уровень управления, отрабатывающий задание ЛКУ по оптимальным нормам поливов. Учитывая, что уровень ЛКУ вырабатывает только задание бортовым регуляторам сельскохозяйственных машин, управляющими рабочими органами, то этот уровень тоже может быть включен в состав исполнительного 4-го уровня управления.

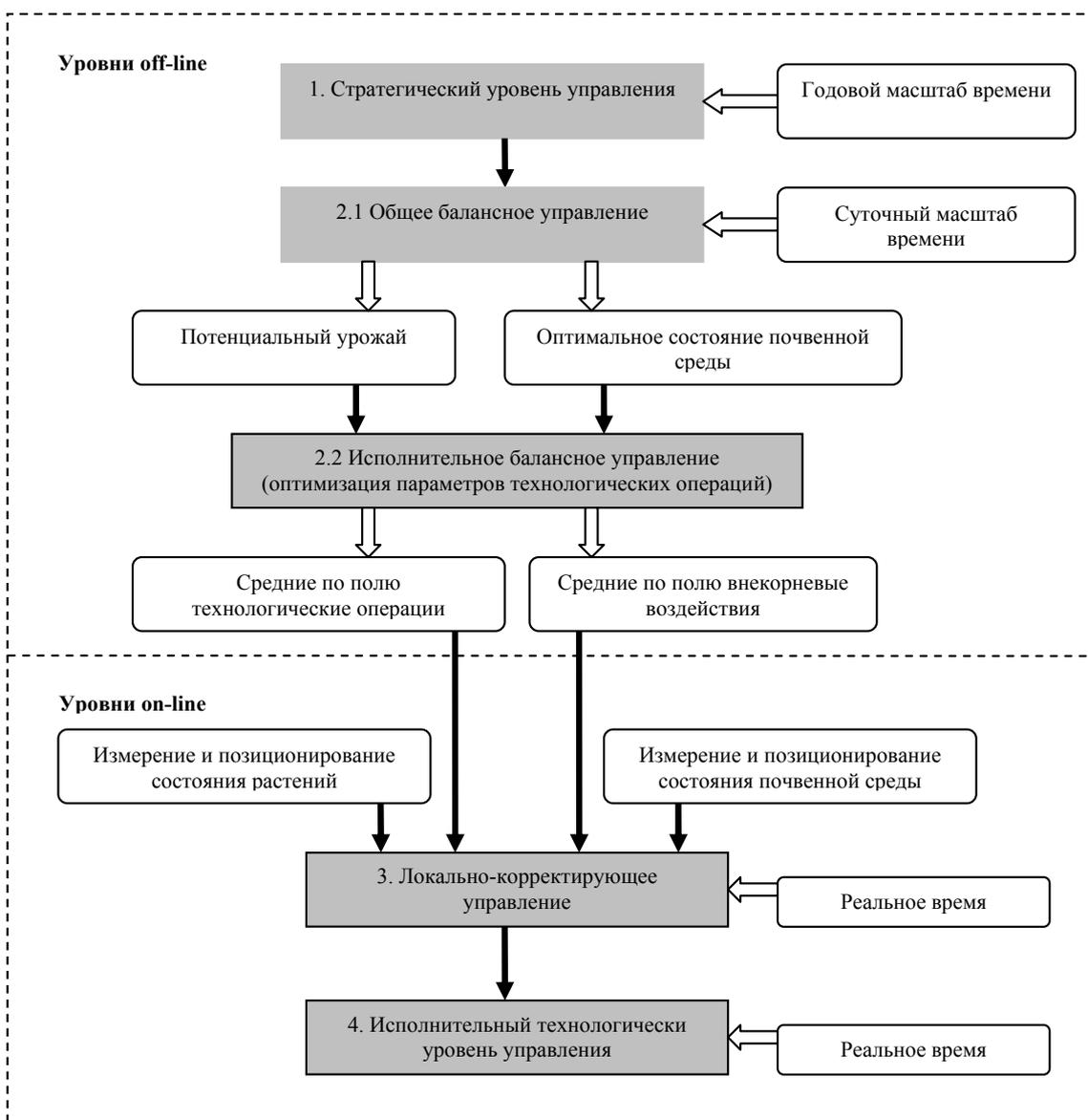


Рисунок 1. – Структурная схема концепции управления агротехнологиями

Таким образом, мы выяснили, что общая задача управления сельскохозяйственными технологиями может быть решена до конца только путем реализации четырех уровней управления, реализуемых в годовом, суточном и часовом масштабах времени. Если программные уровни 1, 2 (off-line) используют в основном априорную информацию о состоянии ОУ и являются виртуальными, то для реализации уровней реального времени 3, 4 (on-line) уже требуется достоверная информация о реальном состоянии ОУ, включая и пространственные координаты. Учитывая тот факт, что в силу живой природы ОУ, его больших размеров и пространственной распределенности, это состояние не может измеряться непосредственно, то дополнительно к вышеперечисленным уровням управления добавляются информационные уровни оценивания, формирующие информацию для задач управления в реальном времени.

На рис. 1 представлена структурная схема формирования и реализации технологического управления в системах ТЗ, отражающая представленную концепцию [1].

На самом верхнем первом уровне управления, являющимся стратегическим и функционирующим в годовом масштабе времени, формируют оптимальные стратегии внесения удобрений и мелиорантов, действующих несколько сельскохозяйственных сезонов. Здесь целью управления является: минимизация потерь урожая на всех культурах севооборотов, при минималь-

ных затратах на используемые ресурсы, при одновременном соблюдении всех технологических и экологических ограничений. Результатом функционирования первого уровня управления являются оптимальные стратегии внесения удобрений и мелиорантов по всем годам севооборота с детализацией стратегии для первого года севооборота, учитывающей пространственную неоднородность и временную неопределенность состояния ОУ. Для следующего, второго уровня, стратегическим уровнем управления создается только благоприятный агрофон, обеспечивающий поддержание требуемого уровня плодородия почв.

На первой ступени второго уровня управления, реализуемого в суточном масштабе времени, находится предварительный баланс затрачиваемых ресурсов, необходимых для получения для получения требуемой потенциальной продуктивности посевов в первый сезон севооборота.

Целью управления здесь является: формирование программ эволюции средних по площади поля параметров состояния почвенной среды, обеспечивающих получение требуемой потенциальной продуктивности посева без учета технологических ограничений и раскрытия содержания технологических операций. Результатом функционирования данной ступени управления станут оптимальные программы изменения средних по площади поля параметров состояния почвенной среды, рассматриваемых как основные управляющие переменные системы и как задания второй ступени данного уровня управления.

На второй ступени второго уровня управления (ИБУ), реализуемого в суточном масштабе времени, находится оптимальная последовательность технологических операций, обеспечивающих наилучшее приближение параметров состояния посевов к потенциальному уровню, полученному при решении задачи ОБУ. Здесь целью управления является: формирование оптимальной последовательности технологических операций средних по площади поля величин, обеспечивающих минимизацию отклонения программы развития посева на всем интервале вегетации от требуемого потенциального уровня, при одновременном соблюдении заданных технологических ограничений.

Результатом функционирования заданного уровня управления станет последовательность технологических операций, оптимальной по уровню и времени реализации, являющимися заданиями для третьего уровня управления (ЛКУ).

На третьем уровне управления (ЛКУ), функционирующем в реальном времени, одновременно реализуются оптимальные программы управления, формируемые уровнями «on-line», которые одновременно корректируются во времени и пространстве по реальному состоянию посева. Целью управления данного уровня является: минимизация ошибок исполнения оптимальных программ технологических операций с учетом реального состояния посевов по всей площади поля. Результатами функционирования данного уровня управления являются задания исполнительному уровню управления, реализуемому непосредственно на сельскохозяйственных машинах.

Наконец, на самом нижнем четвертом уровне, функционирующем в реальном времени, реализуется отработка бортовыми автоматическими регуляторами машин заданий уровня ЛКУ. Целью управления данного уровня является: минимизация ошибок исполнения заданий на параметры технологических операций с учетом положений рабочих органов сельскохозяйственных машин. Результатами функционирования данного уровня управления являются положения и режимы рабочих органов машин, обеспечивающих достижение требуемых параметров технологических операций.

Реализация предлагаемой концепции требует выпуска принципиально новой автоматизированной сельскохозяйственной техники, полностью отражающей возможности предлагаемой теории и являющейся ее логическим продолжением. Это, прежде всего, относится к машинам для внесения жидких и сыпучих агрохимикатов. Обоим типам машин в настоящее время свойственен такой существенный недостаток, как единый расход вещества по всей технологической ширине захвата машины для внесения. При современной тенденции к существенному увеличению производительности машин и ширины захвата, это приводит к большим ошибкам доз внесения агрохимикатов, связанным с заметной пространственной неоднородностью параметров состояния посевов и почвенной среды. Особенно это имеет место в Российской Федерации, где невы-

сока степень окультуренности полей, как по физическим параметрам почв, так и по их рельефу. Кроме того, машины для внесения жидких агрохимикатов имеют свои собственные недостатки, такие как неточное знание величины фактических расходов вещества в рабочих органах (форсунках), которые изменяются под воздействием случайных изменений текучести (вязкости) растворов и гидравлических свойств проводящих линий и исполнительных органов. Машины для внесения сыпучих агрохимикатов, где преобладают разбрасывающие рабочие органы, никак не соответствуют строгим требованиям ТЗ. Здесь диаграммы разбрасывания подвержены многим случайным возмущениям, таких как колебания плотности, влажности и сыпучести агрохимикатов, воздействию ветра и наклонов машин при колебаниях рельефа. Все перечисленные недостатки машин для внесения агрохимикатов присущи и сеялкам «точного высева», особенно для сплошного сева по поверхности поля. Особенно далеко от требований ТЗ отстоит дождевальная техника, где положительно не решена даже проблема изменения расхода поливной воды общего по ширине захвата дождевальных машин фронтального типа при их движении по полю.

В работе [1] приведены проекты принципиально новых роботизированных машин, реализующих предложенную концепцию управления агротехнологиями.

Литература

*Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (проект № 18-016-00008).

1. Михайленко И. М. Теоретические основы и техническая реализация управления агротехнологиями. СПб. Изд. СПбГТУ. 2017. 250 с.

УДК 631.415

Поступила в редакцию 13.08.2019
Received 13.08.2019

О. Ю. Павлова, к. с.-х. н., **А. В. Литвинович**, д. с.-х. н., проф.,
Е. Е. Шевченко, инженер

*ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»,
195220, С.- Петербург, Россия, Гражданский просп., 14,
e-mail: .pou1953@rambler.ru*

ИЗМЕНЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ pH ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПРИ ИЗВЕСТКОВАНИИ КРУПНЫМИ ФРАКЦИЯМИ ОТСЕВА ДОЛОМИТА

В 6-летнем микрополевым опыте, заложенном на среднекислой дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с чередованием культур горох – горчица – горох – горчица – горох-горчица проведено изучение удобрительной ценности и мелиоративных свойств фракций отсева доломита размером 5-7 и 7-10 мм. Показано, что изученные фракции, внесённые в почву в количестве равном 3 и 5 дозам, рассчитанным по гидролитической кислотности, являются ценным мелиоративным материалом. Сдвиг величины pH достигается уже в год применения. Положительное влияние на этот показатель прослеживается в течение всего периода наблюдений.

Ключевые слова: отсев доломита, почва, растение, химическая мелиорация,

O. Y. Pavlova, candidate of agricultural Sciences., **A. V. Litvinovich**, doctor of agricultural Sciences, Professor,
E. E. Shevchenko, engineer

*Agrophysical research Institute,
195220, Saint-Petersburg 14, Grazhdanskiy pr., Russia,
e-mail: pou1953@rambler.ru*

THE CHANGE OF PH OF SOD-PODZOLIC SOILS WITH LIMING MAJOR FACTIONS DROPPING OUT OF DOLOMITE

6-year-old micropolia experience, srednekislye laid on sod-podzolic light loamy soil with crop rotation peas – mustard – pea – mustard – pea-mustard conducted a study of fertilizer values and land reclamation of the

properties of the fractions dropping out of dolomite of size 5-7 and 7-10 mm. Shown that the study of fractions included in the soil for a quantity of 3 and 5 doses, calculated from the hydrolytic acidity is a valuable reclamation material. The pH value shift is achieved already in the year of application. The positive impact on this indicator can be seen throughout the observation period.

Keywords: dolomite screening, soil, plant, chemical melioration.

При производстве щебня из карбонатных пород, предназначенных для дорожного строительства, в отвалы отсеиваются фракции доломитовой крошки размером менее 20 мм. Количество фракций размером 5–7 и 7–10 мм составляет по 11% от массы отсева. Нейтрализующая способность 84,5%. На долю CaCO₃ приходится 46,1%, MgCO₃ 38,4%.

Ранее считалось, что крупные частицы известковых мелиорантов (размером более 3-х мм) являются «балластом» и не способны оказать положительного влияния на физико-химические показатели почв.

В работах [1,2,3] показана возможность использования фракций доломита размером 0,25–1; 1–3 и 3–5 мм в качестве известкового мелиоранта. Выявлено положительное влияние этих частиц на показатели почвенной кислотности и продуктивность растений [4].

В задачу настоящих исследований входило:

– выявить динамику изменения величины pH_{KCl} почвы при применении доломитовой крошки размером 5–7 и 7–10 мм на всём промежутке изучения.

Методика исследований

Объектом изучения служили частицы доломита размером 5–7, 7–10 мм и естественная смесь фракций. В качестве варианта сравнения применяли доломитовую муку, приготовленную из отсева, прошедшего сквозь сито с отверстиями 0,25 мм.

Для выполнения поставленной цели был заложен 10-вариантный микрополевой опыт (табл. 1). Опыт заложен в полиэтиленовых сосудах без дна ($S = 1 \text{ м}^2$, глубина 25 см, масса – 300 кг почвы на сосуд).

На момент закладки опыта почва характеризовалась следующими показателями: pH_{KCl} 4,6; Нг 4,9 ммоль(экв)/100 г почвы; гумус – 2,16%; Содержание частиц менее 0,01 м – 21,4%; повторность опыта 4-кратная. Опыт заложен в 2015 году. Изучение проводится 6 опыто-лет. В опыте возделывали культуры, отзывчивые на известкование и характеризующиеся высокой потребностью в кальции и магнии, как элементах питания. В 2015 году выращивали горох, в 2016 и 2017 годах – горчицу и горох, в 2018 – горчицу.

Уборку растений проводили в фазу цветения. Минеральные удобрения применяли ежегодно в форме азофоски.

После уборки каждого вида растений образцы почвы отбирали на всю глубину пахотного слоя. В образцах определяли pH_{KCl} потенциметрически.

Результаты исследований

Наиболее употребляемым показателем, характеризующую степень почвенной кислотности, является величина pH .

Результаты динамики изменения величины pH_{KCl} в почве вариантов опыта на всём промежутке изучения представлены в табл.1.

Исходная целинная почва перед закладкой опыта характеризовалась среднекислой реакцией среды. Использование одних минеральных удобрений за время проведения эксперимента привело к снижению величины pH_{KCl} с 4,6 до 3,8 ед. т.е. почва перешла в категорию очень сильнокислых. Таким образом, находящаяся в культуре неизвесткованная почва постепенно подкисляется, неуклонно деградируя.

Использование доломитовой муки (ДМ) привело к росту величины pH_{KCl} уже в год известкования. Достигнутый в результате уровень pH_{KCl} мало изменялся на всём промежутке изучения. Колебания составили от 5,6 до 5,85 ед. pH . По всей вероятности, несмотря на ежегодный вынос

оснований растениями и элювиальные потери с просачивающейся влагой атмосферных осадков, одновременно идущие в мелиорируемой почве процессы растворения не прореагировавших карбонатов позволяют поддерживать достигнутый в год известкования уровень реакции почвы. Подкисления в период проведения опыта не происходит.

Таблица 1. – Изменение величины pH_{KCl} за 6 опыто-лет

№	Вариант опыта	2015г	2016г		2017г		2018г
		Горох	Горчица	Горох	Горчица	Горох	Горчица
1	Контроль НРК(фон)	4,60	4,20	4,20	4,10	4,18	3,80
2	Фон + ДМ 1Нг	5,70	5,60	5,70	5,85	5,75	5,60
3	Фон + М 5-7мм 1Нг	5,00	4,30	4,50	4,50	4,43	4,30
4	Фон + М 5-7мм 3Нг	5,50	4,50	5,00	4,80	4,65	4,90
5	Фон + М 5-7мм 5Нг	6,00	4,90	5,50	5,30	5,18	5,50
6	Фон + М 7-10мм 1Нг	5,30	4,20	4,50	4,40	4,28	4,40
7	Фон + М 7-10мм 3Нг	5,50	4,30	4,70	4,58	4,65	4,80
8	Фон + М 7-10мм 5Нг	6,00	5,00	5,00	4,98	4,95	5,20
9	Фон +М – ЕСМ 1Нг	5,70	5,40	5,10	5,00	4,95	5,10
10	Фон +М – ЕСМ 3Нг	6,30	4,80	6,10	5,93	5,88	6,40

*М – мелиорант (отсев щебёночного производства)

Динамика изменения величины pH_{KCl} в вариантах с использованием доломитовой крошки (М) крупного размера отличалась от варианта с ДМ. Максимальный мелиоративный эффект вне зависимости от варианта был также достигнут в год известкования. При этом, величина pH_{KCl} в год применения высоких доз (3 Нг и 5 Нг) крупных частиц доломита не уступала показателю pH_{KCl} в варианте с использованием ДМ.

Вероятно, это связано с тем, что при хранении в отвалах на поверхности частиц доломитовой крошки в процессе выветривания происходит разрушение кристаллизационно-цементационных структурных связей между молекулами карбонатов. Поверхность твёрдых частиц доломита приобретает определённую рыхлость. При попадании в почву рыхлая карбонатная масса, сосредоточенная на поверхности крупных частиц, быстро реагирует с почвой. Величина pH сдвигается. Чем больше крупных частиц доломита вносится в почву и выше выветрелость их поверхности, тем сдвиг pH больше.

Использование доломитовой крошки с размером частиц 5–7 мм в дозе 1 Нг привело к снижению кислотности почвы. В год применения величина pH_{KCl} повысилась на 0,4 ед. (с 4,6 до 5,0). Далее на всём промежутке изучения колебания величины pH_{KCl} укладывались в диапазон значений от 4,3 до 4,5 ед. Важно отметить, что в течение проведения опыта значения pH_{KCl} в этом варианте были выше, чем в почве не известкованного контроля. Резкого снижения величины pH на 6-ой опыто-год – не произошло. Следовательно, фракция доломитовой крошки размером 5-7 мм, внесённая в научно-обоснованной дозе, не является «балластом». Она оказывает хотя и слабое, но положительное влияние на величину pH_{KCl} в течение всего периода эксперимента.

Увеличение дозы применения частиц доломита размером 5-7 мм до 3-х полных доз, привело к усилению мелиоративного эффекта. Величина pH_{KCl} в год известкования возросла до 5,5 ед. Далее значения pH_{KCl} колебались в интервале от 4,5 до 5,0 ед. На 6-й опыто-год значения pH_{KCl} почвы были выше, чем при закладке опыта. Таким образом, возврата к исходному значению pH_{KCl} в почве этого варианта опыта за 6 опыто-лет возделывания растений не произошло.

При увеличении дозы применения фракций доломита размером 5–7 мм до 5 полных доз, мелиоративный эффект возрастает. Как и в случае с применением частиц того же размера, но в меньшем количестве, динамика величины pH подчинялась следующей закономерности. Резкий рост значений в год применения. Далее в год последствия следовало снижение величины pH_{KCl} , затем в течении 4-х опыто-лет проведения эксперимента величина pH_{KCl} стабилизировалась и колебалась от 5,18 до 5,5 ед. pH .

Аналогичная картина динамики величины pH_{KCl} в отдельных вариантах опыта установлена при использовании частиц доломита более крупного размера. Причём, по мелиоративным свойствам фракция размером 7–10 мм не уступала фракции 5–7 мм. Таким образом, фракция доломитовой крошки размером 7–10 мм также не является «балластом». Её применение оказывает положительное влияние на величину почвенной кислотности в длительном последствии.

При применении естественной смеси мелиоранта (ЕСМ) в дозе 1 *Нг* максимальный мелиоративный эффект достигнут в год применения. Далее до уборки третьего урожая растений величина pH_{KCl} постепенно снижалась и установилась в конце проведения опыта на уровне 5,0 *ед*. Во все сроки наблюдений мелиоративный эффект от использования ДМ при равных дозах применения был выше, чем от частиц доломита, присутствующих в составе ЕСМ. Это связано с более длительным растворением крупных частиц доломита, присутствующих в составе отсева

Максимальный мелиоративный эффект от известкования в опыте был установлен при применении ЕСМ в дозе 3 *Нг* ($pH-6,3$). Какой-либо закономерности динамики изменения величины pH за 6 опыто-лет проведения опыта установить не удалось. Это, вероятно, связано с попаданием в колбу при лабораторном определении непрореагировавших частиц доломитовой крошки, которая искажает лабораторную картину определения [2].

Таким образом, вне зависимости от варианта опыта, использование отсева доломита способствовало снижению величины почвенной кислотности. Мелиоративный эффект тем больше, чем мельче размер частиц и выше доза применения. Во всех известкуемых вариантах опыта спустя 6 лет проведения эксперимента величина pH_{KCl} была выше, чем в варианте без известкования.

Выводы

Фракции отсева щебёночного производства размером 5-7 и 7-10 мм являются ценным мелиоративным материалом. Сдвиг pH_{KCl} почвы при использовании достигается уже в год применения. Чем выше доза внесения и мельче размер частиц, тем сдвиг pH больше. Положительное влияние на этот показатель прослеживается в течение всего периода наблюдений.

Литература

1. Литвинович А. В., Павлова О. Ю., Лаврищев А. В., Буре В. М., Салаев И. В. Скорость растворения в почвах мелиорантов карбонатной природы (эмпирические модели динамики растворения) // *Агрохимия*. – 2016. – № 12. – С. 42–50.
2. Литвинович А. В., Лаврищев А. В., Буре В. М., Павлова О. Ю., Ковлева А. О. Влияние различных по размеру фракций доломита на показатели почвенной кислотности легкосуглинистой дерново-подзолистой почвы (эмпирические модели процесса подкисления) // *Агрохимия*. – 2017. – № 12. – С. 27–37.
3. Литвинович А. В., Павлова О. Ю., Лаврищев А. В., Буре В. М., Ковлева А. О. Мелиоративные свойства, удобрительная ценность и скорость растворения в почвах различных по размеру фракций отсева доломита, используемого для дорожного строительства // *Агрохимия*. – 2016. – № 2. – С. 31–41.
4. Литвинович А. В., Павлова О. Ю., Лаврищев А. В., Буре В. М., Ковлева А. О. Динамика содержания обменных катионов кальция и магния в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, мелиорируемой различными по размеру фракциями доломита (Эмпирические модели процесса подкисления) // *Агрохимия*. – 2018. – № 3. – С. 52–63.

И. М. Мухина, к. б. н., **Е. Я. Рижия**, к. б. н., **Н. П. Бучкина**, к. б. н.

*ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»,
Санкт-Петербург, Россия,
e-mail: muhinairina1989@gmail.com*

ВЛИЯНИЕ БИОУГЛЯ НА ЭМИССИЮ ЗАКИСИ АЗОТА И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УДОБРЕНИЙ

В двухлетнем мелкоделяночном полевом эксперименте изучалось влияние биоугля на эмиссию закиси азота из агродерново-подзолистой супесчаной почвы и урожай сельскохозяйственных культур. Выявлено снижение эмиссии закиси азота из почвы в вариантах с биоуглем, как совместно с азотным удобрением, так и отдельно. Также использование биоугля способствовало более эффективному использованию азота в почве.

Ключевые слова: закись азота, биоуголь, эмиссия парниковых газов, пул почвенного азота.

I. M. Mukhina, PhD in Agrophysics, **E. Y. Rizhiya**, PhD in Agrophysics, **N. P. Buchkina**, PhD in Agrophysics

*Agrophysical Research Institute,
Saint Petersburg, Russia,
e-mail: muhinairina1989@gmail.com*

INFLUENCE OF BIOCHAR ON NITROUS OXIDE EMISSION AND EFFICIENCY OF FERTILIZER USE

In a two-year field experiment, the effect of biochar application to loamy sand Spodosol on the emission of nitrous oxide and crop yields was studied. It was found that application of biochar both with and without nitrogen fertilizer reduced soil nitrous oxide emissions on the second year of the experiment. Biochar also contributed to more efficient use of nitrogen in the soil.

Keywords: nitrous oxide, biochar, greenhouse gas emission, soil nitrogen pool.

Биоуголь получают пиролизом органических остатков сельского и лесного хозяйства при повышенных температурах 300-900 °С в бескислородной среде. Данный продукт характеризуется высоким содержанием устойчивого к разложению углерода, что позволяет секвестрировать его в почве на длительный срок [1]. Биоуголь характеризуется высокой пористостью, нейтральной или щелочной реакцией среды и небольшим содержанием доступных питательных веществ. Применение биоугля в качестве почвенного мелиоранта приводит к изменению почвенных характеристик: физических и химических условий среды, состав и активность микробного сообщества в почве. Таким образом, воздействуя на биологические процессы в почве, биоуголь способствует изменению в составе почвенного воздуха и потоках парниковых газов из почвы [2, 3]. Сырье и условия пиролиза оказывают решающее влияние на состав биоугля и его свойства. Перед применением определенного биоугля в качестве мелиоранта необходимо проведение исследований его влияния на почвы и сельскохозяйственные культуры.

Для определения влияния древесного биоугля на эффективность использования азота в агродерново-подзолистой супесчаной почве и эмиссию закиси азота (N₂O) из почвы был проведен двухлетний мелкоделяночный полевой эксперимент.

Объекты и методы

Для закладки мелкоделяночного опыта были выбраны агродерново-подзолистые супесчаные почвы, расположенные на опытной полевой станции Меньковского филиала Агрофизического научно-исследовательского института (Гатчинский район, Ленинградская область).

Биоуголь был получен путем быстрого пиролиза древесины (береза, ольха, осина) при температуре 550 °С на пиролизном заводе ГНУ Институт Лесного Хозяйства (Приозерск, Ленинградская область). Полученный продукт характеризовался высоким содержанием углерода и нейтральной реакцией среды, а также высокой пористостью (Табл. 1).

Таблица 1. – Характеристики древесного биоугля

Характеристика	C,%	H,%	N,%	pH	П,%
Биоуголь	78,6	5,2	0,3	7,0	81

Примечание: П – пористость.

Варианты опыта: почва без мелиорантов – контроль, почва с биоуглем в дозе 5 т га⁻¹, почва с азотным удобрением – азофоска, в дозе 90 кг N га⁻¹, почва с биоуглем и азофоской. Повторность опыта – 4-х кратная.

В первый год на экспериментальном участке выращивали картофель (*Solanum tuberosum* L.) сорта Ломоносовский, во второй – морковь (*Carota Sativa* H.) сорта Нантская.

Пробы почвенного воздуха отбирали еженедельно методом закрытых камер [4]. Образцы воздуха отбирались с помощью шприца из камер, оснащенных трехходовым краном, обеспечивающим герметичность на время экспозиции камеры (60 минут). Пробы воздуха переносили в 10-мл пенициллиновые флаконы и затем в лаборатории анализировали на содержание закиси азота (N₂O) на газовом хроматографе, оснащенный детектором электронного захвата (Carlo Erba Strumentazione 4130, Италия).

Учет урожая картофеля и моркови проводился сплошным методом [5].

Используя полученные данные по эмиссии N₂O и урожаю, была проведена оценка эффективности использования азота в почве и целесообразности использования биоугля для снижения газообразных потерь азота из почвы. Для этого было рассчитано соотношение кумулятивной эмиссии N₂O к урожаю выращиваемых культур [6]. Чем ниже это отношение, тем состояние пула почвенного азота лучше, а используемые сельскохозяйственные техники по снижению эмиссий N₂O эффективнее.

Математическая обработка полученных данных проводилась с использованием пакета программ Statistics 5.0.

Результаты и обсуждение

По результатам еженедельных измерений эмиссии закиси азота из вариантов почв была рассчитана кумулятивная эмиссия N₂O за вегетационные сезоны первого и второго года исследования (Рис. 1)

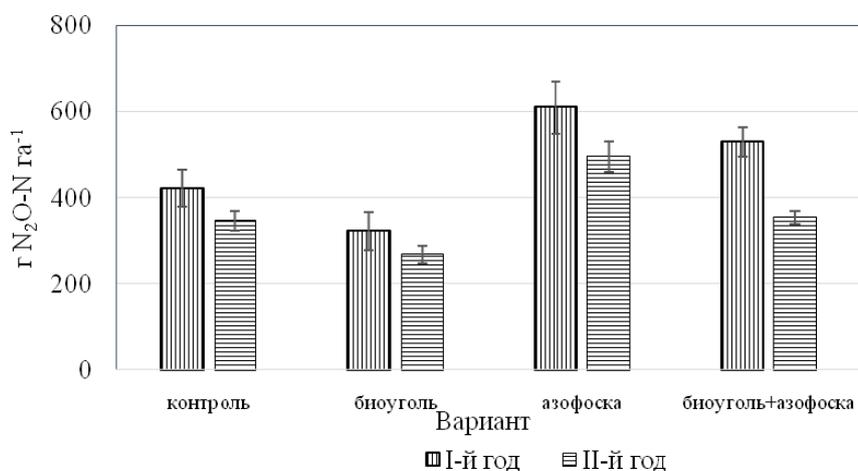


Рисунок 1. – Кумулятивная эмиссия закиси азота из агродерново-подзолистой супесчаной почвы в вариантах опыта в первый и второй год эксперимента

Кумулятивные эмиссии из агродерново-подзолистой супесчаной почвы в первый год исследования были выше, чем во второй год. Существенные различия отмечались в вариантах с азотным удобрением, что может быть вызвано значительными потерями азота в ходе эмиссий N_2O в первый год эксперимента.

Внесение биоугля в почву как в варианты с удобрением, так и без снизило кумулятивную эмиссию N_2O из почвы как в первый, так и во второй год исследования на 18-34%. Существенные различия между вариантами с биоуглем и без отмечались во второй год исследования.

Эмиссия закиси азота в вариантах с азотным удобрением (азофоска, биоуголь+азофоска) была значительно выше, чем в вариантах без удобрения (контроль, биоуголь). Превышение составило в среднем 42% в первый год исследования и 35% – во второй год. При комплексном применении биоугля и азотного удобрения эмиссия N_2O во второй год исследования была значительно ниже, чем в варианте с использованием только удобрения на 32%.

Биоуголь в почве за счет своей пористой структуры воздействует на физические свойства почвы – снижает плотность сложения почвы, число анаэробных участков, повышает водоудерживающую способность почвы [7]. Изменение данных характеристик приводит к изменению интенсивности микробиологических процессов – нитрификации и денитрификации, в ходе которых в почве образуется закись азота [8, 9]. Ранние исследования показали, что внесение биоугля в почву снижает интенсивность денитрификации – анаэробного процесса, вносящего значительный вклад в образование N_2O в почве [10].

Урожай картофеля (первый год эксперимента) и моркови (второй год) представлен на рисунке 2.

Максимальные значения урожая в первый и второй год эксперимента отмечались в вариантах с азотным удобрением (азофоска, биоуголь+азофоска) и составляли от 345 до 389 $ц\ га^{-1}$ и были существенно выше, чем в вариантах без азотного удобрения.

В варианте с биоуглем в первый год эксперимента отмечалось значительное повышение урожая картофеля на 36%, по сравнению с контрольным вариантом. Во второй год исследования урожай моркови в варианте с биоуглем был не существенно ниже, чем в контрольном варианте.

Использование биоугля совместно с азотным удобрением не оказало значительного воздействия на урожайность сельскохозяйственных культур.

Легкорастворимые питательные вещества в биоугле могли оказывать положительное воздействие на рост сельскохозяйственных культур в первый год исследования. Однако, содержание доступных для растений питательных веществ в биоугле не велико, что отразилось в отсутствии эффекта на урожайности моркови во второй год эксперимента.

Оценка эффективности использования почвенного азота в вариантах эксперимента отображена на рисунке 3.

Максимальные значения отношения кумулятивной эмиссии N_2O к урожаю отмечались в вариантах с азофоской. Это может быть связано с большими потерями азота в виде эмиссий N_2O после внесения азотного удобрения в почву.

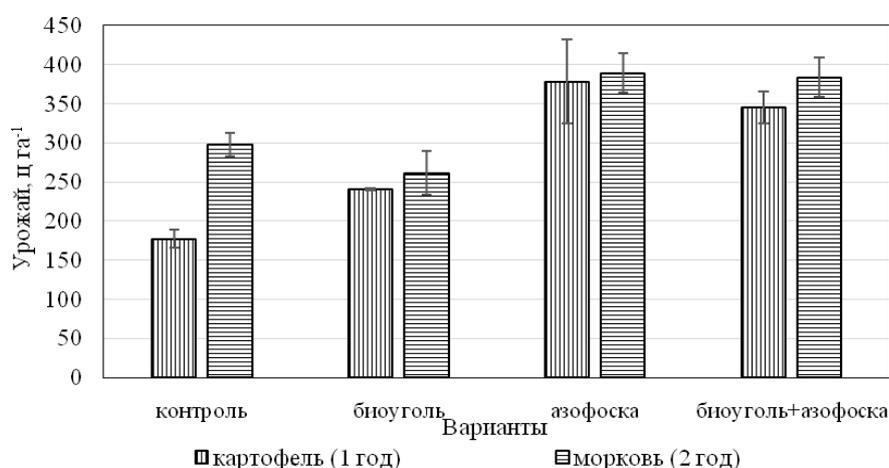


Рисунок 2. – Урожай выращиваемых культур в первый и второй год эксперимента

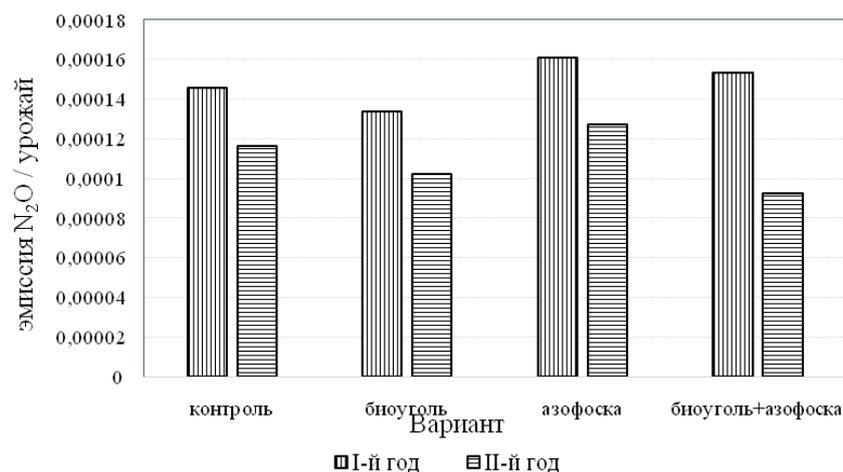


Рисунок 3. – Отношение кумулятивной эмиссии N_2O к урожаю сельскохозяйственных культур

Внесение биоугля в почву способствовало более эффективному использованию азота в почве, по сравнению с контрольным вариантом, в первый и второй годы исследования. Также совместное внесение биоугля с азотным удобрением было более эффективно, чем внесение только азофоски.

Выводы

Биоуголь в качестве почвенного мелиоранта значительно снижал эмиссию закиси азота из почвы во второй год исследования как в вариантах почвы только с углем, так и совместного применения биоугля с азотным удобрением.

Незначительное содержание питательных веществ в биоугле оказывало положительное воздействие на урожай картофеля в первый год эксперимента. Однако, при совместном внесении биоугля с азофоской биоуголь не привел к увеличению урожайности сельскохозяйственных культур, по сравнению с вариантом только с азотным удобрением.

Внесение биоугля способствовало повышению эффективности использования пула почвенного азота в почве как при совместном внесении биоугля с азотным удобрением, так и при внесении только биоугля.

Благодарность

Работа выполнена частично при поддержке гранта РФФИ № 19-016-00038 и частично по государственному заданию № 0667-2019-0009.

Литература

1. Lehmann, J. A handful of carbon / J. Lehmann // Nature. – 2007. – № 447. – P. 143–144.
2. Рижия, Е. Я. Влияние биоугля на свойства образцов дерново-подзолистой супесчаной почвы с разной степенью окультуренности (лабораторный эксперимент) / Е. Я. Рижия, Н. П. Бучкина, И. М. Мухина // Почвоведение. – 2015. – № 48 (2). – С. 211–220.
3. Castaldi, S. Impact of biochar application to a Mediterranean wheat crop on soil microbial activity and greenhouse gas fluxes / S. Castaldi, M. Riondino, S. Baronti // Chemosphere. – 2011. – № 85. – P. 1464–1471.
4. Rapson, T. Analytical techniques for measuring nitrous oxide / T. Rapson, H. Dacres // TrAC Trends in Analytical Chemistry. – 2013. – №54. – P. 65-74.
5. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – Изд. 4-е, перераб. и дополн. – М.: Колос. – 1979. – 416 с.
6. Van Groenigen, J. W. Towards an agronomic assessment of N_2O emissions: a case study for arable crops / J. W. van Groenigen, G. L. Velthof, O. Oenema // European Journal of Soil Science. – 2010. – № 61. – P. 903–913.
7. Рижия, Е. Я. Влияние биоугля на свойства образцов дерново-подзолистой супесчаной почвы с разной степенью окультуренности (лабораторный эксперимент) / Е. Я. Рижия, Н. П. Бучкина, И. М. Мухина // Почвоведение. – 2015. – №48 (2). – С. 211–220.

8. Cayuela, M. L. Biochar's role in mitigating soil nitrous oxide emissions: A review and meta-analysis // M. L. Cayuela, L. van Zwieten, B. P. Singh // Agriculture, Ecosystems & Environment. – 2014. – № 191. – P. 5–16.

9. Мухина, И. М. Вклад нитрификации и денитрификации в образование закиси азота в профиле сельскохозяйственной дерново-подзолистой супесчаной почвы / И. М. Мухина, Е. Я. Рижия, Н. П. Бучкина // Агрофизика. – 2015. – № 3. – С. 19–25.

10. Рижия, Е. Я. Изменение нитрификационной и денитрификационной способности дерново-подзолистой супесчаной почвы при внесении биоугля / Е. Я. Рижия, И. М. Мухина, Н. П. Бучкина // Агрофизика. – 2016. – № 1. – С. 17–23.

УДК 631.362.3

Поступила в редакцию 14.08.2019

Received 14.08.2019

А. В. Сaitov¹, Р. Ф. Курбанов¹, д. т. н., проф., В. Е. Сaitov², д. т. н., проф.

¹ФГБОУ ВО «Вятская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Киров, Россия

²ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого»,
г. Киров, Россия,
e-mail: vicsait-valita@e-kirov.ru

НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ЯДОВИТЫХ ПРИМЕСЕЙ ИЗ ЗЕРНА

В статье приводятся результаты технических разработок для выделения ядовитых примесей, а именно склеротий спорыньи, из зерна злаковых культур, в водных растворах неорганических солей.

Ключевые слова: зерновой материал, спорынья, зерноочистительная машина, пневматический сортировальный стол, фотосепаратор, водные растворы солей, удельная масса зерна, машина для выделения спорыньи из семян ржи.

A. V. Saitov¹,

R. F. Kurbanov¹, Grand PhD in Engineering sciences, Prof.,

V. E. Saitov², Grand PhD in Engineering sciences, Prof.,

¹Vyatka State Agricultural Academy, Kirov, Russian Federation

²Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Kirov, Russian Federation,
e-mail: vicsait-valita@e-kirov.ru

NEW TECHNICAL SOLUTIONS FOR ISOLATION OF POISONOUS GRAIN IMPURITIES

The article presents the results of technical developments for the isolation of toxic impurities, namely sclerotium ergot, from grain of cereals in aqueous solutions of inorganic salts.

Keywords: grain material, ergot, grain cleaning machine, pneumatic sorting table, photo separator, aqueous solutions of salts, specific gravity of grain, machine for extracting ergot from rye seeds.

Зерновой материал, поступающий от зерноуборочных комбайнов на пункты и комплексы послеуборочной обработки, кроме полноценного зерна содержит фуражные и различные сорные примеси. Одной из сорных примесей являются склеротии (рожки) спорыньи, которые содержат ядовитые вещества, вызывающие различные заболевания у людей и животных [1, 2].

Основные физико-механические свойства (скорость витания, толщина, ширина и длина) зерна основных зерновых культур (пшеницы, ячменя, ржи и овса) и склеротий (рожков) спорыньи схожи. Использование воздушно-решетно-триерных машин, пневмосортировальных столов, фотосепараторов и других специальных устройств не дает положительных результатов при очистке зернового материала от данных примесей из-за близости их свойств со свойствами очищаемой культуры [3, 4, 5, 6, 7].

Однако зерна основных зерновых культур (пшеницы, ячменя, ржи и овса) имеют удельную массу 1200...1500 кг/м³, а склеротии спорыньи – 900...1150 кг/м³ [8].

Поэтому полная очистка семян от склероций (рожков) спорыньи, отличающихся от зерна удельной массой, возможна в водном растворе соли. Для образования растворов при сортировании семян по удельной массе применяют минеральные удобрения: азотнокислый калий (KNO_3), сернокислый аммоний ($H_8N_2O_4S$), азотнокислый аммоний (NH_4NO_3), смесь азотнокислого аммония (NH_4NO_3) и сернокислого аммония ($H_8N_2O_4S$) (монтан-силитра), азотнокислый натрий ($NaNO_3$). Для выделения склероций (рожков) спорыньи из семян злаковых культур также используют растворы поваренной ($NaCl$) или калийной соли (KCl или K_2SO_4), либо суспензию воды (H_2O) и мела ($CaCO_3$), которая не влияет на энергию прорастания и всхожести семян [8, 9].

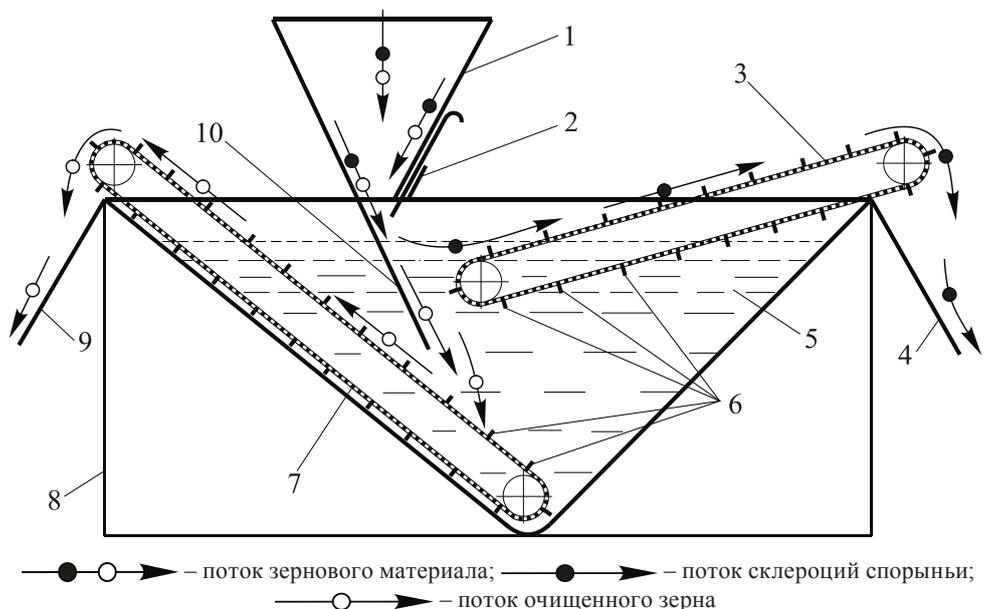
Для очистки сыпучих материалов, в том числе и зерна, по удельной массе известны технологические схемы машин и устройств с вертикальным или горизонтальным потоком воды или водного раствора соли [10, 11, 12, 13].

Данные аппараты имеют достаточно сложную и металлоемкую конструкцию, не обеспечивают точную сортировку компонентов зернового материала, осуществляют большой расход воды, требуют для обеспечения выполнения технологического процесса и обслуживания квалифицированных специалистов. Эти обстоятельства обуславливают повышение удельной энергоёмкости технологического процесса и удельных затрат на обслуживание и ремонт машины, что влечет, в конечном итоге, увеличение себестоимости выполнения работ.

Конструктивное исполнение машины выделения спорыньи из зерна, представленное на рисунке 1 [14], применением только транспортеров очищенного зерна и склероций (рожков) спорыньи в виде ленточных сит, погруженных в водный раствор соли, исключает применение дополнительных устройств, характеризуется простотой и надежностью. Данные обстоятельства обуславливают снижение удельной энергоёмкости технологического процесса по отделению спорыньи от семян ржи, и уменьшение металлоёмкости.

Однако применение транспортеров очищенного зерна 7 и склероций спорыньи 3 в виде ленточных сит, натянутых на два вращающихся барабана, могут, в процессе работы, приводить к усталостному износу и обрыву нитей этих сит. Данное обстоятельство будет увеличивать удельные затраты на обслуживание и ремонт машины.

Также при малых отверстиях ленточных сит транспортеров 3 и 7, вследствие исключения прохода через них зерна и склероций спорыньи, из-за наличия поверхностного натяжения водного раствора соли, может происходить вынос части водного раствора соли вместе с разделяемыми компонентами зернового материала наружу. Для исключения безвозвратных потерь водного



1 – бункер; 2 – питатель; 3 – транспортер склероций спорыньи; 4, 9 – скатные доски; 5 – ванна; 6 – поперечные планки; 7 – транспортер очищенного зерна; 8 – рама; 10 – стенка питателя

Рисунок 2. – Технологическая схема машины выделения спорыньи из зерна в жидкостях

раствора соли и, с целью уменьшения себестоимости выполняемого технологического процесса, требуется применение специальных встряхивающих устройств.

Принципиальная конструкционная схема машины для отделения спорыньи от зерна, представленная на рисунке 2 [15], отличается от вышеописанных конструкций тем, что выполнение по ширине ванны 7 транспортеров очищенного зерна 11 и склероций спорыньи 3 в виде скребков 4, которые установлены через равные промежутки и закреплены к замкнутым тяговым цепям, огибающим приводные и ведомые звездочки, обуславливают уменьшение металлоемкости и удельных затрат на обслуживание и ремонт машины.

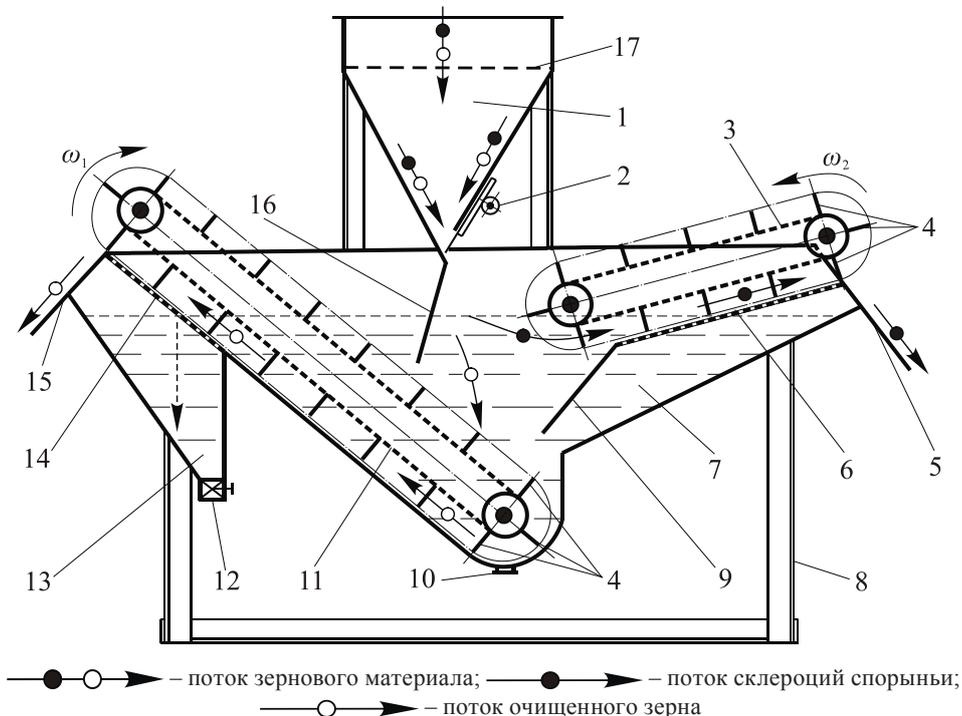
Вывод очищенного зерна и минеральных примесей (песок, мельчайшие камушки и т.п.), осевших на дно ванны 7, движущимися скребками 4 нижней ветви транспортера очищенного зерна 11, обеспечивает непрерывность выполняемого технологического процесса за счет стекания раствора через отверстия решета 14 обратно в ванну 7 и прохода через них минеральных примесей в бак отходов 13.

Установка под скребками транспортера 3 решета 6, обеспечивает также стекание раствора через отверстия данного решета 6 обратно в ванну 7 при перемещении склероций спорыньи скребками 4 транспортера 3 наружу.

Данные обстоятельства исключают вынос части раствора соли вместе с разделяемыми компонентами зернового материала наружу, обуславливают уменьшение удельной себестоимости выполняемого технологического процесса, а также повышение качества очистки семян злаковых культур от примесей.

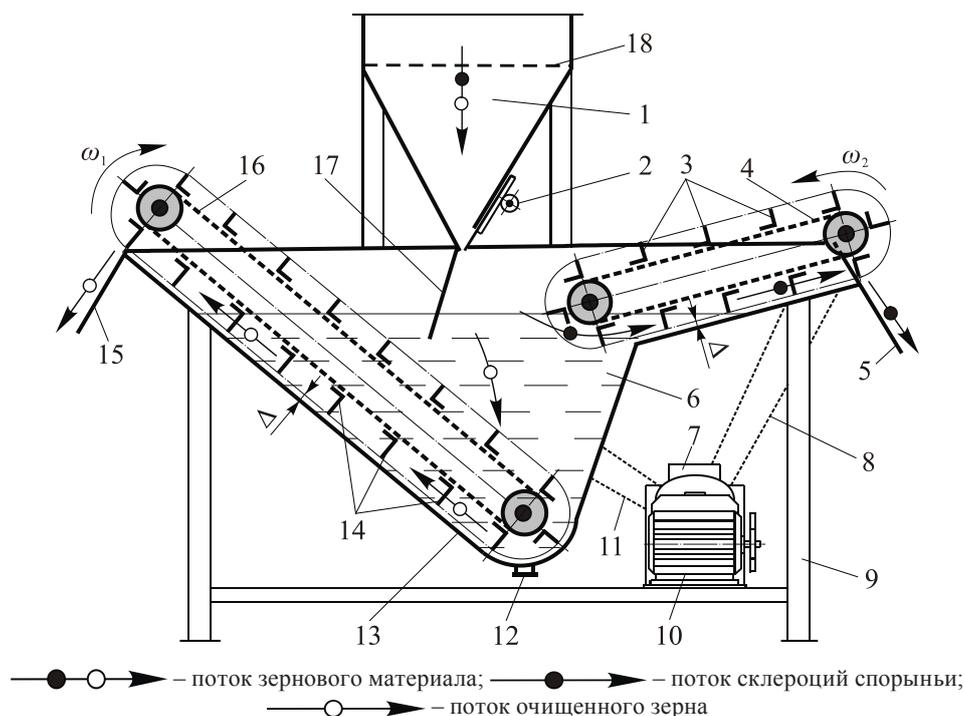
Установленная сверху в бункере 1 сетка 17 предотвращает попадание в него посторонних предметов (палок, камней, крупных частей растительных остатков и т.п.).

Отличительной особенностью машины для выделения ядовитой спорыньи из зерна злаковых культур, технологическая схема которой представлена на рисунке 3 [16], является то, что скребки 3 и 14 транспортеров очищенного зерна 16 и склероций спорыньи 4 выполнены в виде Г-образных лопаток, обращенных захватывающей стороной по направлению вращения транспортеров 4 и 16, причем зазор Δ между днищем 13 ванны 6 и рабочим краем скребков 3 и 14



1 – бункер; 2 – питатель; 3 – транспортер склероций спорыньи; 4 – скребки; 5, 15 – скатные доски; 6, 14 – решета; 7 – ванна; 8 – рама; 9 – отражательная плоскость; 10 – сливная пробка; 11 – транспортер очищенного зерна; 12 – сливной кран; 13 – бак отходов; 16 – стенка питателя; 17 – сетка

Рисунок 3. – Принципиальная конструкционная схема машины для отделения спорыньи из зерна:



1 – бункер; 2 – питатель; 3, 14 – скребки; 4 – транспортер склеротий спорыньи; 5, 15 – скатные доски; 6 – ванна; 7 – червячный редуктор; 8, 11 – цепные передачи; 9 – рама; 10 – электродвигатель; 12 – сливная пробка; 13 – днище ванны; 16 – транспортер очищенного зерна; 17 – стенка питателя; 18 – сетка

Рисунок 3. – Конструкционная схема машины для выделения ядовитой спорыньи из зерна злаковых культур

транспортеров очищенного зерна 16 и склеротий спорыньи 4 составляет не более толщины зерновки семян основных злаковых культур (пшеницы, ячменя, ржи и овса).

Наличие зазора Δ между днищем 13 ванны 6 и рабочим краем скребков 3 и 14 транспортеров очищенного зерна 16 и склеротий спорыньи 4 позволяет стекать водному раствору соли по наклонному днищу 13 обратно в ванну 6 при выводе наружу очищенного зерна и склеротий спорыньи.

Конструктивное исполнение данной машины за счет исключения из технологической схемы решет, предназначенных для стекания водного раствора соли обратно в ванну при выводе из нее очищаемых компонентов зернового материала, отличается простотой изготовления и значительным снижением удельной металлоемкости, что обуславливает снижение материальных затрат при изготовлении, удельных затрат на обслуживание и ремонт машины.

Таким образом, преимуществом новых технических решений выделения ядовитых примесей из зерна по сравнению с существующими аналогами является уменьшение удельной энергоемкости технологического процесса, снижение металлоемкости и удельных затрат на обслуживание и ремонт машины, повышение качества очистки семян злаковых культур.

Литература

1. Сайтов, В. Е. Инновации в послуборочной обработке зернового материала: Монография / В. Е. Сайтов. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. – 152 с.
2. Ponomareva, M. L. Increasing spread of *Claviceps Purpurea* (fr). tul. and it's effect on the quantity and quality of winter rye / M. L. Ponomareva, S. N. Ponomarev, G. S. Mannapova, L. F. Gilmullina // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2016. № 3. – Т. 7. – С. 1865-1871.
3. Gievsky, A. M. Substantiation of basic scheme of grain cleaning machine for preparation of agricultural crops seeds / A. M. Gievsky, V. I. Orobinsky, A. P. Tarasenko, A. V. Chernyshov, D. O. Kurilov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering electronic resource. – 2018. – С. 042035. DOI:10.1088/1757-899X/327/4/042035.
4. Дринча, В. М. Применение и функциональные возможности пневмосортировальных столов / В.М. Дринча, И.Б. Борисенко // Научно-агрономический журнал. – 2008. – № 2 (83). – С. 33-36.

5. Саитов, А. В. Особенности функционирования фотосепараторов для очистки зерна и семян от примесей / А. В. Саитов // Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве: монография / под общ. ред. В. А. Сысуева, Г. А. Баталовой, Е. М. Лисицына. – Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2016. – С. 352-355.
6. Шафоростов, В. Д. Качественные показатели работы фотосепаратора по фракционной технологии при разделении семян подсолнечника / В. Д. Шафоростов, И. Е. Припоров // Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. – № 1 (32). – Часть 3. – С. 23–25.
7. Сысуев, В. А. Очистка зерна от спорыньи / В. А. Сысуев, В. Е. Саитов, П. А. Савиных, А. В. Саитов // Современные наукоемкие технологии. – 2015. – № 6. – С. 46–49.
8. Павловский, Г. Т. Очистка, сушка и активное вентилирование зерна. 2-е изд., исправ. и доп. / Г. Т. Павловский, С. Д. Птицын. – М.: Высшая школа, 1972. – 256 с.
9. Саитов, В. Е. Применение водных растворов неорганических солей для выделения склероций спорыньи / В. Е. Саитов, И. А. Устюжанин, А. В. Саитов // Успехи современного естествознания. – 2017. – № 2. – С. 38–42.
10. Аппарат для мокрой очистки зерна от примесей по их удельному весу: а.с. 120067 СССР, МКИ 45E/19. / А. Л. Малченко, М. П. Чистяков. – № 608984/28; заявл. 07.10.1958; опубл. в «Бюллетене изобретений», 1959. – № 10.
11. Гидравлический классификатор для зернистых материалов: а.с. 206459 СССР, МКИ В03В 5/62, В03В 11/00. / В. А. Жученко, Х. Ш. Мустафин. – № 1114863-22-3; заявл. 22.11.1966; опубл. 08.12.1967, Бюл. № 1.
12. Установка для разделения на фракции сыпучих материалов типа семян зерновых и других сельскохозяйственных культур: пат. 2053026 РФ, МКИ В03В 5/62. / В. П. Дубровин, В. П. Майко, В. А. Цапович; заявитель и патентообладатель Дубровин В. П., Майко В. П., Цапович В. А. – № 5000289/03; заявл. 12.08.1991; опубл. 27.01.1996, Бюл. № 20.
13. Машина для отделения спорыньи от семян ржи: а.с. 120387 СССР, МКИ 43E/12. / Трындин И. А. – № 600596/30; заявл. 21.05.1958; опубл. 27.06.1959, Бюл. № 11.
14. Машина для отделения спорыньи от семян ржи: пат. 2616037 Российская Федерация, МПК В03В 5/48, В02В 1/04. / В. А. Сысуев, В. Е. Саитов, П. А. Савиных, А. В. Саитов; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого». – № 2015148311; заявл. 10.11.2015; опубл. 12.04.2017, Бюл. № 11.
15. Машина для отделения спорыньи от семян ржи: пат. 2667066 Российская Федерация, МПК В03В 5/48, В02В 1/04. / В. А. Сысуев, В. Е. Саитов, Р. Г. Гатауллин, А. В. Саитов, Е. И. Уткина, Т. К. Шешегова; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого». – № 2017115170/03; заявл. 27.04.2017; опубл. 18.09.2018, Бюл. № 26.
16. Машина для отделения спорыньи от семян ржи: пат. 2689470 Российская Федерация, МПК В03В 5/48, В02В 1/04. / А. В. Саитов, Р. Г. Гатауллин, В. Е. Саитов; заявитель и патентообладатель Саитов Алексей Викторович. – № 2018136461/03; заявл. 15.10.2018; опубл. 28.05.2019, Бюл. № 16.

УДК 631.333

Поступила в редакцию 11.08.2019
Received 11.08.2019

С. М. Хоменко, к. т. н., **С. Н. Герук**, к. т. н., доц., ст. н. сотр.

*Житомирский агротехнический колледж,
г. Житомир, Украина,
e-mail: mega_sgeruk@ukr.net, nikgerst@gmail.com*

УТОЧНЕНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА УСТАНОВКИ ВЕРХНЕГО БАРАБАНА РАЗБРАСЫВАТЕЛЯ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

Представлены результаты исследований рабочих органов машины для внесения твердых органических удобрений и уточнена методика расчета расположения разбрасывающего барабана.

Ключевые слова: органические удобрения, кузовные машины с горизонтальными барабанами, разбрасывающий барабан, измельчительный барабан, методика расчета

S. M. Khomenko, S. N. Geruk

*Zhytomyr Agrotechnical College,
Zhytomyr, Ukraine
e-mail: mega_sgeruk@ukr.net, nikgerst@gmail.com*

REFINEMENT OF THE METHOD OF CALCULATING THE INSTALLATION OF THE TOP DRUM OF ORGANIC WELLS SPREADER

Presents the results of studies of the working bodies of the machine for applying solid organic fertilizers and clarified the method for calculating the location of the spreading drum.

Keywords: organic fertilizers, body machines with horizontal drums, spreading drum, grinding drum, calculation method

Актуальность работы

Для внесения органических удобрений широко используют кузовные машины с горизонтальными барабанами. Для повышения качества распределения удобрений по полю и снижения энергоемкости этого процесса необходимо совершенствовать параметры рабочих органов разбрасывателей, поэтому тема представленных исследований является актуальной.

Анализ последних исследований и публикаций

В работе Н.М. Марченко [1] для исследования подачи удобрений к разбрасывающему барабану, оснащённому шнековой навивкой, предложили расчетную схему, представленную на рис. 1.

Вылет частиц удобрений начинается при выходе лопасти нижнего барабана из слоя удобрений после их взаимодействия вдоль дуги контакта, что определяется величиной подачи удобрений, которая связана со скоростью подачи транспортера. Общий угол поворота лопасти определяется из следующей зависимости:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + \omega_n T, \quad (1)$$

где ε – угол поворота лопасти в массе удобрений, рад;

$\omega_n T$ – угол поворота лопасти, при котором будет заканчиваться вылет удобрений, рад.

Угол ε_0 находится из следующего выражения:

$$\varepsilon_0 = \frac{l_k}{R_n}, \quad (2)$$

где R_n – радиус измельчительного барабана, м.

Чтобы определить длину дуги контакта лопасти с удобрениями, ученые [1] предлагают воспользоваться зависимостью:

$$l_k = 2\sqrt{R_n^2 - (R_n^2 - S_z)^2}, \quad (3)$$

Углы вылета частиц в начале и окончании схода удобрений с лопасти не одинаковы:

$$\alpha_{on} = 90^\circ - \left(\frac{\varepsilon_0}{2} + \psi_n \right), \quad (4)$$

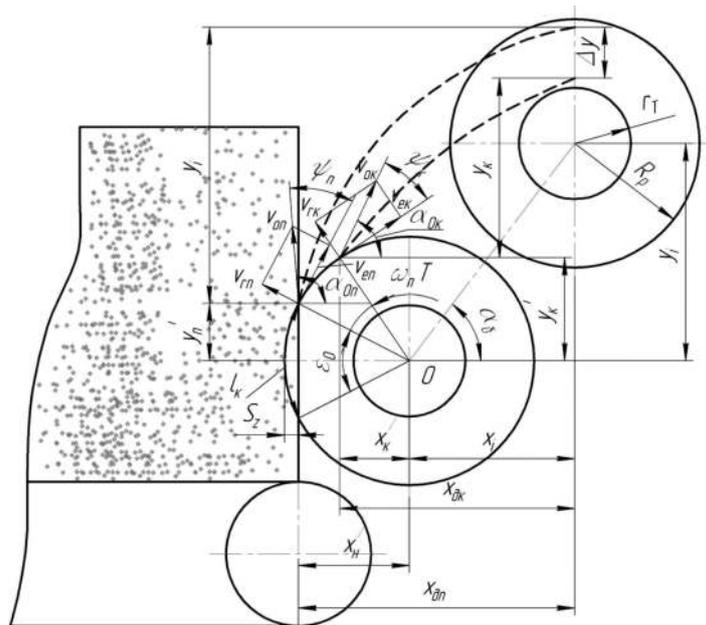


Рисунок 1. – Схема подачи удобрений измельчительным барабаном к разбрасывающему

$$\alpha_{0к} = 90^\circ - \left(\frac{\varepsilon_0}{2} + \omega_{\pi} T - \psi_{\kappa} \right), \quad (5)$$

где $\alpha_{0\pi}$ – угол вылета частиц удобрений в начале их схода с лопасти, град;

ε_0 – угол поворота лопасти в массе удобрений, град;

ψ_{π} – угол расположения вектора абсолютной скорости движения частиц удобрений в начале их схода с лопасти, град;

$\alpha_{0к}$ – угол вылета частиц удобрений при окончании их схода с лопасти, град;

ψ_{κ} – угол расположения вектора абсолютной скорости движения частицы удобрений при окончании их схода с лопасти, град.

Задача заключалась в установлении координат x_i, y_i , определяющих угол установки верхнего разбрасывающего барабана α_{σ} :

$$\alpha_{\sigma} = \operatorname{arctg} \left(\frac{y_i}{x_i} \right). \quad (6)$$

При этом удобрения, которые подаются нижним барабаном, должны иметь траектории, пересекающие вертикальную плоскость, проходящую через ось вала верхнего барабана и перпендикулярную к оси ОХ, образуя определенную область Δu . Подобная схема была представлена в работах [2, 3, 6, 7].

Постановка задачи

Цель исследований заключалась в установлении оптимальных параметров рабочих органов машины для внесения органических удобрений путем усовершенствования методики расчета расположения верхнего разбрасывающего барабана. Объект исследований – технологический процесс подачи ТОУ (твердых органических удобрений) кузовными машинами. Предмет исследований – зависимости методики расчета расположения верхнего разбрасывающего барабана, учитывающие параметры машины для внесения ТОУ.

Результаты исследований

Недостатком существующих моделей [1-4] является то, что они не учитывают динамику МТА и соответствуют работе барабанов в статическом положении (рис. 1). То есть, в них не учтены скорость движения трактора с разбрасывателем V_m (рис. 2).

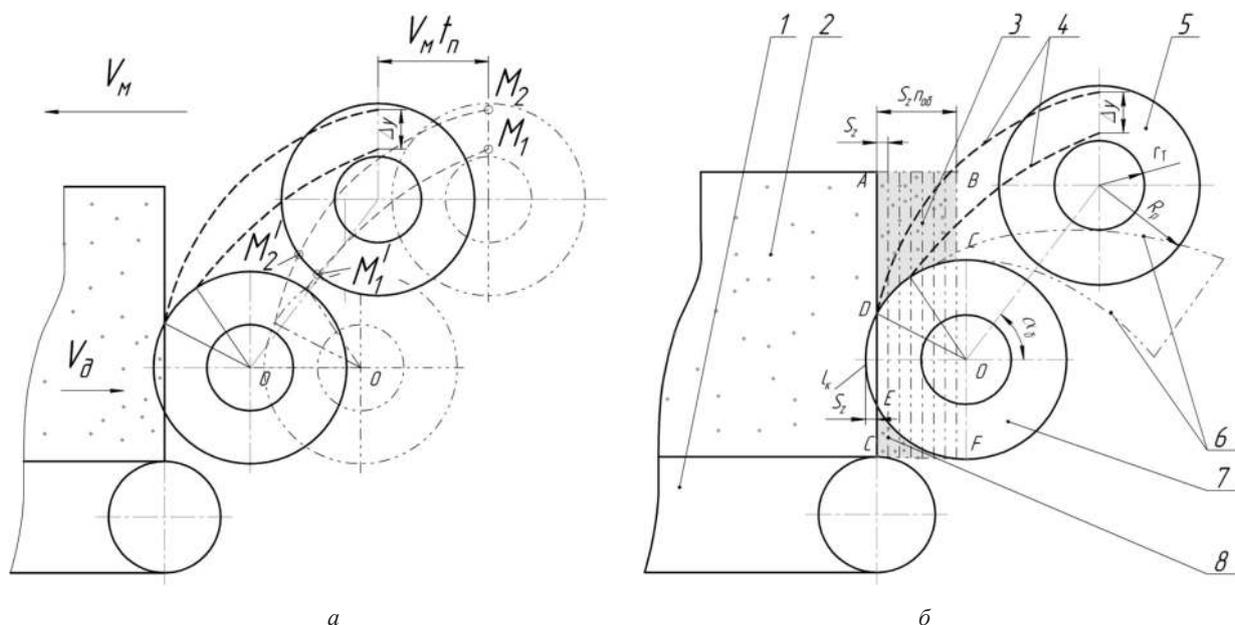
При этом траектории движения частиц удобрений, которые подаются нижним барабаном, будут несколько отличаться от формул, представленных выше (1-6). Разница будет характеризоваться показателем кинематического режима работы нижнего барабана и скорости движения агрегата. Соответственно, чем больше это отношение, тем лучше будут результаты известных моделей соответствовать действительности.

Также недостатком существующей схемы подачи удобрений (рис. 1) является то, что она представлена в виде правильного прямоугольника.

Из схемы, представленной на рис. 2 (б) видно, что при величине подачи удобрений транспортером на один оборот барабана S_{σ} , после определенной продолжительности режима работы машины, когда барабан сделает n_{σ} , передний край массы удобрений АС из исходного положения переместится в положение ВF. На самом деле удобрения гораздо раньше обвалятся под действием касательных сил.

После загрузки удобрения расположены под углом естественного откоса к кузову транспортера. Для определения этого угла Р.Л. Зенков [5] предлагает следующую зависимость:

$$\alpha_{\pi} = \operatorname{arctg} \left(\frac{f_{\sigma}}{2} + \sqrt{\frac{f_{\sigma}^2}{4} + \frac{2\tau_0}{A_{\sigma}\gamma_{\text{дн}}g}} \right) = \operatorname{arctg} \left(f_{\sigma} + \frac{\tau_0}{h\gamma_{\text{дн}}g} \right), \quad (7)$$



1 – транспортер; 2 – удобрения; 3, 8 – верхняя и нижняя часть удобрений, которые обваливаются на измельчающий барабан; 4 – теоретические кривые полета удобрений; 5 – верхний разбрасывающий барабан; 6 – теоретически возможные кривые полета удобрений, учитывающие их обрушение; 7 – нижний измельчающий барабан

Рисунок 2. – Схемы для уточнения методики определения угла установки верхнего барабана (а) та процесса работы разбрасывателя (б):

где α_n – угол естественного откоса удобрений в кузове машины, град;

f'_e – коэффициент внутреннего трения, $f'_e = 0,7 \dots 1,3$, принимаем $f'_e = 1,0$ [4];

τ_0 – начальное сопротивление сдвигу, $\tau_0 = 700 \dots 950$ Па, принимаем $\tau_0 = 885$ Па [4];

A_e – длина основы насыпанных удобрений, можно приблизительно принять длину кузова, что загружена удобрениями $A_e = 4 \dots 8$ м, на самом деле $A_e < L_k$;

$\gamma_{нд}$ – насыпная плотность удобрений, кг/м³, $\gamma_{нд} = 650 \dots 900$ кг/м³, принимаем $\gamma_{нд} = 800$ кг/м³.

h – высота удобрений в кузове, м.

Тогда, рассчитанное по формуле (6) значение $\alpha_n = 45,8 \dots 46,5^\circ$, что совпадает со значениями углов природного откоса для удобрений $\varphi_n = 50 \dots 38^\circ$ (большие значения соответствуют соломи-стому навозу [6, 7]).

Но после начала работы разбрасывателя слой удобрений будет подрезаться рабочими органами барабана и обваливаться на них под углом обрушения.

На основании результатов исследований физико-механических свойств соломи-стого навоза, которые представлены в работе М.С. Колдина [6] и, используя формулу Р.Л. Зенкова [5], определили угол обрушения удобрений в соответствии со схемой (рис. 2, б):

$$\alpha_{обв} = \arctg \left(\frac{h \cdot f'_e \cdot \gamma_{нд} \cdot g}{h \cdot \gamma_{нд} \cdot g - 4,7 \cdot \tau_0 \sqrt{f'_e}} \right), \quad (8)$$

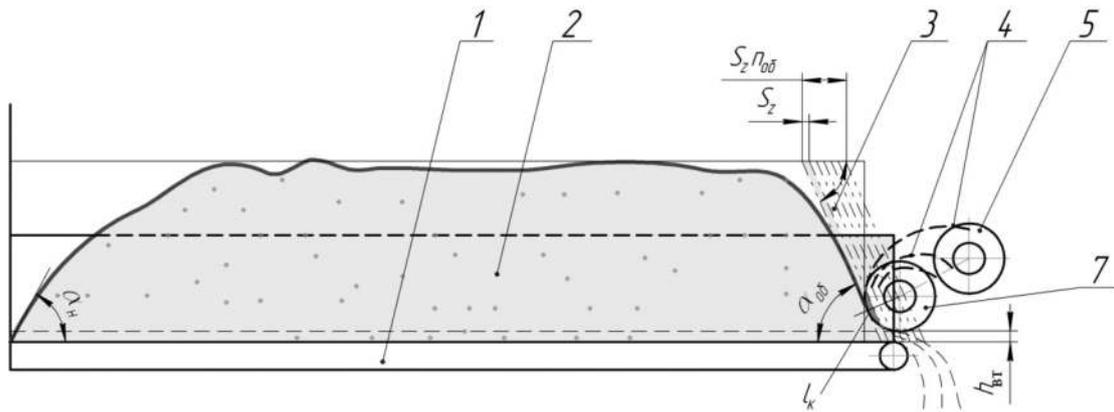
где $\alpha_{обв}$ – кут обвала удобрений, град;

τ_0 – начальное сопротивления сдвигу, Па;

$\gamma_{нд}$ – насыпная плотность удобрений, кг/м³.

При $h = 0,65$ м (высота загруженный удобрений в кузове), $\gamma_{нд} = 754$ кг/м³, $f'_e = 1,1$, $\tau_0 = 885$ Па, – $\alpha_{обв} = 85,234^\circ$.

Этот расчет будет правильным только для статического положения. В нашем случае при движении удобрений в кузове и при воздействии вибраций, передающихся от ходовой части, как и для угла естественного откоса в движении, справедливо следующее уравнение:



1 – транспортер; 2 – удобрения; 3 – удобрения, которые обваливаются на нижний измельчающий барабан; 4 – теоретические кривые полета удобрений; 5 – верхний барабан; 6 – планки транспортера; 7 – нижний барабан

Рисунок 3. – Усовершенствованная расчетная схема для уточнения процесса работы разбрасывателя:

$$\alpha'_{обв} = 0,7\alpha_{обв}, \quad (9)$$

где $\alpha'_{обв}$ – угол обвала при движении удобрений, град.

Из формулы (9) $\alpha'_{обв} \approx 60^\circ$.

На основании проведенных исследований составим схему для уточнения процесса работы машины для внесения органических удобрений (рис. 3).

Тогда уточненные уравнения для определения координат установки верхнего барабана можно записать в следующем виде:

$$\alpha_{б.п.} = \arctg \left(\frac{y_n + R_p \sin[90^\circ - \alpha_{0п} - \psi_n] - r_{т.р.}}{x_{дп} - vt - R_p \sin[90^\circ - (\alpha_{0п} - \psi_n)]} \right); \quad (10)$$

$$\alpha_{б.к.} = \arctg \left(\frac{y_k + R_p \sin[90^\circ - (\alpha_{0к} - \psi_k)] - r_{т.р.}}{x_{дк} - vt - R_p \sin[90^\circ - (\alpha_{0к} - \psi_k)]} \right), \quad (11)$$

где $x_{дп}$, $x_{дк}$ – координаты установки верхнего барабана по оси X , для частиц, которые начинают и заканчивают сходиться с лопасти соответственно, м;

y_n , y_k – координаты установки верхнего барабана по оси Y , для частиц, которые начинают и заканчивают сходиться с лопасти соответственно, м;

v – скорость движения трактора, м/с;

R_p – радиус верхнего разбрасывающего барабана, м;

$r_{т.р.}$ – радиус трубы верхнего разбрасывающего барабана, м.

Выводы

Разработана усовершенствованная расчетная схема процесса работы разбрасывателя (рис. 3), позволяющая более точно определять его конструктивные параметры.

Усовершенствована методика расчета расположения разбрасывающего барабана на основании уточненных уравнений для определения координат его установки (10-11), в которых учитывается скорость движения агрегата.

Литература

1. Марченко, Н. М. Механизация внесения органических удобрений [Текст] / Н. М. Марченко, Г. И. Личман, А. Е. Шебалкин. – М.: ВО «Агрпромиздат», 1990. – 207 с.
2. Заїка, П. М. Теорія сільськогосподарських машин [Текст] / П. М. Заїка. – Харків: Око, 2002. – Том 1 (ч. 3): Машини для приготування і внесення добрив. – 352 с.

3. Спевак, Н. В. Совершенствование технологи производства компостов с разработкой и обоснованием параметров устройства для измельчения твердых органических удобрений: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: спец. 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства» и 05.20.03 «Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве» [Текст] / Спевак Николай Владимирович; Саратов. гос. аграр. ун-т им. Н.И. Вавилова. – Саратов, 2005. – 21 с.

4. Линник Н. К. Машины и оборудование для производства и внесения органических удобрений [Текст] / Н. К. Линник, В. А. Ермоленко, И. И. Шкод-кин [и др.]; под ред. Л. В. Погорелого. – К.: Техника, 1992. – 103 с.

5. Зенков Р. Л. Механика насыпных грузов [Текст] / Р.Л. Зенков. – М.: Машиностроение, 1964. – 250 с.

6. Колдин М. С. Разработка и обоснование параметров устройства разгрузки бункерных установок для переработки отходов на фермах КРС: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: спец. 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства» [Текст] / Колдин Михаил Сергеевич; Мичурин. гос. аграр. ун-т. – Мичуринск, 2009. – 19 с.

7. Колесников Н. П. Совершенствование технологи и технических средств внесения дефеката за счет выбора их рациональных параметров: дис. ...канд. техн. наук: 05.20.01 [Текст] / Колесников Николай Петрович. – Воронеж, 2004. – 240 с. – Библиогр.: с. 169–188.

УДК 632:635.21(470.2)

Поступила в редакцию 12.08.2019

Received 12.08.2019

А. М. Шпанев^{1,2}, д. б. н., В. В. Смук^{1,2}, к. с.-х. н.

¹*Агрофизический научно-исследовательский институт,
г. Санкт-Петербург, Россия*

²*Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений,
г. Санкт-Петербург, Россия,*

e-mail: ashpanev@mail.ru, vvsmuk@mail.ru

ОПТИМИЗИРОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ЗАЩИТЫ ПОСАДОК ПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО КАРТОФЕЛЯ НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ РФ

Оптимизированная по количеству и составу защитных мероприятий технология интегрированной защиты посадок продовольственного картофеля, показала высокую хозяйственную и экономическую эффективность в условиях Северо-Западного региона РФ. Она базируется на разумном сочетании механических и химических средств борьбы с сорной растительностью, обязательной обработке посадочных клубней инсектофунгицидами, внесении минеральных удобрений для повышения устойчивости растений картофеля к фитопатогенам.

Ключевые слова: картофель, фитосанитарное состояние, удобрения, средства защиты растений, технология интегрированной защиты

A. M. Shpanev, Grand PhD in Biology sciences,

V. V. Smuk, PhD in Agricultural Sciences

*Agrophysical Research Institute, Saint-Petersburg, Russia
All-Russian Institute of Plant Protection, Saint-Petersburg, Russia,*

e-mail: ashpanev@mail.ru, vvsmuk@mail.ru

OPTIMIZED TECHNOLOGY INTEGRATED PROTECTION OF WARE POTATOES IN NORTH-WEST RUSSIA

Optimized for the number and composition of protective measures, the technology of integrated protection of food potato plantings has shown high economic and economic efficiency in the North-West region of the Russian Federation. It is based on a reasonable combination of mechanical and chemical means of weed control, mandatory treatment of planting tubers with insectofungicides, application of mineral fertilizers to increase the resistance of potato plants to phytopathogens.

Keywords: potatoes, phytosanitary condition, of mineral fertilizers, plant protection products, integrated protection technology

В последние годы в Северо-Западном регионе РФ просматривается устойчивая тенденция сокращения площадей, занятых картофелем. Так, если в 2000–2001 гг. посадочные площади этой культуры составляли 178–190 тыс. га, то в 2008–2009 гг. – 94–96 тыс. га, а в 2017–2018 гг. – 60–65 тыс. га [1]. В условиях низких закупочных цен, которые остаются практически неизменными на протяжении последних 10–15 лет, и постоянно повышающихся затрат на приобретение топлива, удобрений и средств защиты растений возделывание картофеля в данном регионе становится все менее рентабельно. Усугубляет ситуацию недостаточная государственная поддержка местных сельхозтоваропроизводителей и большие объемы закупок недорогого импортного картофеля из Ближнего и Дальнего зарубежья. В такой ситуации может помочь оптимизация технологии возделывания картофеля, включая интегрированную систему защиты культуры от вредных организмов.

Исследования по оптимизации зональной технологии интегрированной защиты посадок продовольственного картофеля проводились на Меньковском филиале Агрофизического НИИ (Ленинградская обл., Гатчинский район) в период 2012–2018 гг.

Схема опыта включала три уровня удобренности (низкий – $N_0P_0K_0$, средний – $N_{65}P_{50}K_{50}$, высокий – $N_{100}P_{75}K_{75}$) и три варианта защиты культуры от вредных организмов (без защиты – контроль, зональная, практикующаяся в хозяйствах, интегрированная). Оптимизация заключалась в разумном сочетании механических и химических средств борьбы с сорной растительностью, обязательной обработки посадочных клубней инсектофунгицидами, внесения минеральных удобрений для повышения устойчивости растений картофеля к фитопатогенам. Объектами исследований являлись сорные растения, вредные насекомые и болезни растений в посадках картофеля сорта Сударыня, имеющего допуск к возделыванию на территории Северо-Западного региона с 2009 года.

Особенностью Северо-Западного региона является низкая обеспеченность почв основными элементами питания и, в первую очередь, азотом. Поэтому для получения высоких урожаев картофеля необходимо вносить азотные удобрения, а еще лучше – полное минеральное удобрение. Улучшение минерального питания растений картофеля приводит к увеличению урожайности на 6,8–7,7 т/га (46,2–51,7%), по сравнению с неудобренными посадками. Кроме того, при внесении минеральных удобрений происходят положительные изменения в фитосанитарной обстановке посадок картофеля [2]. Они касаются всех групп вредных организмов и наблюдаются уже на среднем уровне удобренности. Рост засоренности посадок на начальных этапах развития культуры компенсируется снижением видового и численного состава, а также степени развитости сорняков во второй половине вегетации картофеля. Происходит это вследствие повышения конкурентоспособности культурных растений, которые под влиянием минеральных удобрений формируют мощную вегетативную массу и густую посадку.

Снижение показателей развития у фитофтороза и альтернариоза на удобренных вариантах обусловлено повышением устойчивости растений картофеля к поражению возбудителями данных болезней. С повышением уровня минерального питания отмечалось смещение сроков поражения фитофторозом и альтернариозом на более поздние, что позволяет рассматривать возможность более позднего проведения первой обработки фунгицидами, а может быть и снижения общего их количества. В отдельные годы под действием удобрений нами отмечалась тенденция снижения пораженности клубней ризоктониозом. В 2014 г. доля пораженных клубней в урожае на варианте без удобрений составила 35,5%, развитие – 4,9%, на вариантах со средними дозами – 26,2 и 2,1%, высокими – 25,6 и 2,1%, в 2016 г. – 37,8 и 6,8% ($N_0P_0K_0$), 30,5 и 4,9% ($N_{65}P_{50}K_{50}$), 24,3 и 3,6% ($N_{100}P_{75}K_{75}$).

В отношении вредителей на удобренных вариантах отмечалось снижение показателей заселения растений картофеля и степени повреждения кустов личинками колорадского жука. Также проявилась тенденция к снижению поврежденности клубней личинками жуков щелкунов, получившая статистическое подтверждение в отдельные годы.

Технологическая схема защиты картофеля от комплекса вредных организмов начинается с обязательной обработки посадочного материала инсектофунгицидами, обеспечивающими защиту культурных растений от возбудителей болезней, присутствующих на семенах и в почве, а также вредных насекомых, наносящих повреждения листовому аппарату и клубням. По нашим данным предпосадочная обработка клубней картофеля инсектофунгицидными препаратами до-

стоверно снижала показатели присутствия ризоктониоза в убранном урожае. Снижение пораженности клубней ризоктониозом в 2015 г. составило 86,4 и 62,8% соответственно при применении препаратов Селест Топ, КС и Престиж, КС, развития болезни – 93,1 и 52,4%. Проведение химической обработки клубней данными инсектофунгицидами обеспечивало эффективную пролонгированную защиту посадок картофеля от колорадского жука. Заселение жуками растений картофеля, откладка яиц и отрождение личинок на вариантах с применением указанных препаратов сдвигалось по времени на 15 и 20 дней соответственно. При этом личинки вредителя были обнаружены на единичных растениях, что не превышало ЭПВ и не требовало применение инсектицидов в период вегетации картофеля. Анализ многолетних данных выявил недостаточную эффективность инсектофунгицидов Престиж, КС и Селест Топ, КС в защите клубней картофеля от личинок жуков-щелкунов при высокой их плотности в пахотном слое почвы. По нашим данным не наблюдалось высокого защитного эффекта против данного вредителя и при применении энтомопатогенных нематод. Действие препаратов Протонем и Немабакт при внесении на поверхность почвы сразу после посадки культуры приводило к снижению доли поврежденных клубней вредителем на 42,9 и 25,4% [3].

Состав и объем защитных мероприятий против сорной растительности определяется типом засоренности, который во многом зависит от предшественника. При возделывании картофеля по пласту многолетних трав отмечается формирование корневищно-малолетнего типа засоренности, когда на долю многолетних злаковых видов, главным образом пырея ползучего, приходится до 40% от общей численности сорных растений [4]. В этом случае требуется обязательное применение гербицидов. Оптимальным вариантом является две довсходовые сплошные обработки ротационной бороной БРУ-0,7, однократная обработка гербицидом Титус, СТС при высоте культурных растений 10–15 см и окучивание. При этом по эффективности данный вариант не уступает зональной системе, предусматривающей двукратное применение гербицидов (за 3-5 дней до появления всходов – Торнадо, ВР и при высоте растений картофеля 10–15 см – Титус, СТС + Тренд 90), но является менее затратным, экономически и экологически предпочтительным [5, 6]. После всех проведенных защитных мероприятий численность сорных растений снижалась на 88 и 85%, в том числе пырея ползучего – 81 и 78% соответственно.

При малолетнем типе засоренности допустимо ограничиться механическими обработками посадок картофеля. Эффект механической защиты картофеля, состоящей из пяти агротехнических приемов (две довсходовые и две послевсходовые междурядные обработки ротационной бороной, окучивание), составил до 80% снижения численности группы малолетних сорных растений. При этом пырей ползучий уничтожался менее чем на 50% [7].

Технология интегрированной защиты посадок картофеля в Северо-Западном регионе РФ, где часты случаи эпифитотийного развития фитофтороза, предусматривает обязательное применение высокоэффективных фунгицидов. При этом первые обработки носят профилактический характер, но проводятся с учетом погодных условий. Они проводятся системными препаратами (например, Ридомил Голд МЦ, ВДГ) в период смыкания рядков и начала цветения картофеля. В период роста клубней и созревания проводятся еще две фунгицидные обработки препаратами контактного действия (например, Сектин Феномен, ВДГ). Таким образом, в дождливые годы, благоприятные для развития фитофтороза, может потребоваться до 4 обработок фунгицидами с интервалом 10-14 дней, а в засушливые максимум две – в период цветения и роста клубней. При этом предпочтительней использовать фунгициды с защитным эффектом в отношении как фитофтороза, так и альтернариоза. Эффективность данной схемы опрыскиваний находилась в пределах от 43 до 90% снижения развития болезни на листьях перед десикацией и до 77% уменьшения пораженности фитофторозом клубней. Биологизация интегрированной защиты картофеля от болезней возможна за счет того, что вторая обработка против фитофтороза может проводиться биофунгицидами (например, Витаплан, СП), а первая и третья теми же химическими препаратами, что и в зональной системе защиты картофеля. Эффективность такой защиты оказалась на уровне 61-95% снижения развития болезни на листьях и до 61,5% пораженности клубней. Слабая эффективность биофунгицида наблюдалась в эпифитотийном 2016 году, когда на момент десикации посадок в данной системе защиты оказалось поражено 62% листовой по-

верхности растений картофеля, тогда как в зональной системе данный показатель составил 17% при пораженности растений в контрольном варианте – 85% [8].

По итогам многолетних исследований оптимизированная технология интегрированной защиты посадок продовольственного картофеля показала высокий хозяйственный эффект. Уровень сохраненного урожая варьировал по годам от 5,5 до 20,8 *т/га* (16–249%) и напрямую зависел от проявления фитосанитарной обстановки. Наивысшая эффективность интегрированной защиты посадок продовольственного картофеля фиксировалась в годы эпифитотийного развития фитофтороза, когда наблюдалось многократное (2,5–6,1 раза) превышение выхода товарной продукции при сопоставлении с контролем. В годы слабого развития фитофтороза увеличение товарной урожайности в варианте интегрированной системы защиты составляло 15–76% от уровня контроля и определялось уровнем засоренности посадок картофеля на момент проведения десикации. Фактическая урожайность при интегрированном подходе к защите посадок картофеля варьировала по годам в пределах 18,5–40,0 *т/га*, а на варианте с высокими дозами минеральных удобрений – 33–50 *т/га*.

Литература

1. <https://www.fedstat.ru/>
2. Шпанев, А. М. Фитосанитарный эффект применения минеральных удобрений на посадках картофеля в Северо-Западном регионе / А. М. Шпанев, В. В. Смук, М. А. Фесенко // *Агрохимия*. – 2017. – № 12. – С. 38–45.
3. Смук, В. В. Эффективная защита посадок картофеля, размещенных по пласту многолетних трав, в Северо-Западном регионе РФ / В. В. Смук, А. М. Шпанев // *Матер. Междун. конгресса «XXVI Междун. агропромышленная выставка Агрорусь»*. – СПб., 2017. – С. 87–88.
4. Смук, В. В. Засоренность посадок картофеля, размещенных по пласту многолетних трав в Ленинградской области / В. В. Смук, А. М. Шпанев // *Вестник защиты растений*. – 2016. – №2 (88). – С. 38–42.
5. Смук, В. В. Борьба с сорняками на посадках картофеля, размещенных по пласту многолетних трав / В. В. Смук, А. М. Шпанев // *Защита и карантин растений*. – 2017. – № 1. – С. 18–21.
6. Смук, В. В. Комбинированный способ защиты посадок картофеля от сорной растительности в Северо-Западном регионе / В. В. Смук, А. М. Шпанев // XIII Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти доктора с/х наук, профессора, заслуженного деятеля науки РФ и РМ С.А. Лапшина «Ресурсосберегающие экологически безопасные технологии производства и переработки с/х продукции». – Саранск, 2017. – С. 372–375.
7. Смук, В. В. Эффективность механической защиты посадок картофеля от сорной растительности в Северо-Западном регионе / В. В. Смук, А. М. Шпанев // XIII Международная научно-практическая конференция «Агротехнический метод защиты растений». – Краснодар, 2017. – С. 389–393.
8. Шпанев, А. М. Перспективы биологической защиты ярового ячменя и картофеля от болезней в Северо-Западном регионе РФ / А. М. Шпанев, Е. С. Денисюк, В. В. Смук // *Информационный бюлл. ВПРС МОББ*. – 2017. – № 52. – С. 330–334.

УДК 631.3.06.001.66

Поступила в редакцию 12.07.2019
Received 12.07.2019

Е. А. Петриченко¹, к. т. н., доц., **С. Н. Герук²**, к. т. н., доц., ст. н. сотр.

¹*Уманский национальный университет садоводства,
г. Умань, Украина*

²*Житомирский агротехнический колледж,
г. Житомир, Украина,*

e-mail: mega_sgeruk@ukr.net, nikgerst@gmail.com

ОБОСНОВАНИЕ СХЕМЫ И ПАРАМЕТРОВ КОМБИНИРОВАННОГО УДОБРИТЕЛЬНО-ПОСЕВНОГО АГРЕГАТА

Обоснована схема удобрительно-посевного агрегата включает агрегирующий трактор, сеялку для внесения в почву основной дозы минеральных удобрений, к раме которой шарнирно присоединена сница сеялки зерновых культур.

Изложены результаты теоретических и экспериментальных исследований работы комбинированного удобрительно-посевного машинно-тракторного агрегата.

На основе обобщения полученных результатов исследований разработан новый комбинированный удобрительно-посевной машинно-тракторный агрегат, эффективность которого проверена и подтверждена в условиях производственной эксплуатации.

Ключевые слова: комбинированный машинно-тракторный агрегат, внесение удобрений, посев, параметры, дифференциальные уравнения, решение на ПК, устойчивость движения.

Ye. A. Petrichenko¹, S. N. Geruk²

*¹Uman National Horticultural University,
Uman, Ukraine*

*²Zhytomyr Agrotechnical College,
Zhitomir, Ukraine*

SUBSTANTIATION SCHEME AND PARAMETERS OF COMBINED FERTILIZING AND SOWING UNIT

Brief annotation: The scheme of a fertilizer-sowing unit is substantiated, it includes an aggregating tractor, a seeder for putting into the soil a basic dose of mineral fertilizers, to the frame of which the grain of the seeder is hingedly attached.

Scheme of the fertilizing and sowing unit includes the aggregating tractor, a seeder for placing into the soil of the main dose of fertilizers to which frame it is attached hitch tongue of grain crops seeders.

On the basis of generalization of the received results of researches new combined fertilizing and sowing machine and tractor unit which efficiency is checked and confirmed in the conditions of production operation is developed.

Keywords: combined machine and tractor unit, fertilization, sowing, arameters, differential equations, decision on the personal computer, movement stability

Научно обоснованное применение минеральных удобрений предусматривает решение вопросов по величине доз, сроков и способов их внесения на базе данных о содержании питательных веществ в почве и потребности в них растений на разных этапах развития под запланированную урожайность. Эти вопросы решают специалисты хозяйств на основе агрохимического анализа почв и зональных сортовых агротехнологий выращивания сельскохозяйственных культур. Эффективность технологии удобрения почвы чаще всего оценивается окупаемостью удобрений, то есть отношением стоимости дополнительной продукции, полученной за счет внесения удобрений, к расходам на его проведение.

Постановка проблемы

Многочисленными предыдущими исследованиями установлено, что внесение минеральных удобрений одновременно с посевом зерновых и других сельскохозяйственных культур, когда стартовые дозы удобрений вносятся на уровне ложа для семян, а основная доза удобрений вносится ниже уровня заделки семян со смещением в горизонтальной плоскости, позволяет достичь экономии удобрений на 30-45%.

Таким образом очевидно, что совмещение операции сева зерновых и других сельскохозяйственных культур с основным удобрением почвы является ресурсосберегающим мероприятием. В связи с этим возникает необходимость в разработке и исследовании комбинированного машинно-тракторного агрегата, позволяющего осуществлять висев с одновременным внесением минеральных удобрений сразу стартовыми и основными дозами. Причем его конструкционно-технологическое исполнение должно обеспечивать повышение технико-экономических показателей работы.

Анализ последних исследований и публикаций

Повышение эффективности использования основной дозы минеральных удобрений во время сева зерновых и других сельскохозяйственных культур была и сейчас остается одной из наиболее актуальных задач.

Важные научно-практические задачи посева и удобрения зерновых культур можно решить разработкой и применением комбинированных машинно-тракторных агрегатов, которые построены по модульному принципу и дают существенные преимущества по их использованию в производственных условиях. Обобщение научно-практического опыта показывает, что эффективное их решение возможно только при правильном выборе конструкционно-технологических параметров и режимов работы комбинированного удобрительно-посевого машинно-тракторного агрегата. Наличие потенциальных преимуществ комбинированного агрегата для внутривидового минерального удобрения и одновременной сева зерновых культур создает предпосылки для проведения исследований.

Определяющий вклад в теорию и практику этого вопроса внесли Василенко П.М., Погорелый Л.В., Адамчук В.В., Булгаков В.М., Надикто В.Т., Гячев Л.В., Юшин А.А., Евтенко В.Г., Мироненко В., Кутьков М., Лебедев А. Т., Кюрчев В.М., Любимов А.И., Панов И.М., Сакун В.А., Касимов А.Ш., Синеоков Г.М., Артемов М.П., Смирнов А.В., Пашенко В.Ф., Самородов В.Б., Wong J., Tullberg J., Williford J. и др. ученые.

В то же время, разработанные ими теоретические зависимости и полученные практические результаты нельзя использовать для обоснования конструкционно-технологических параметров комбинированного удобрительно-посевого машинно-тракторного агрегата. В первую очередь потому, что такое его конструктивное исполнение не рассматривался в исследованиях и не имело места в эксплуатации техники. Во-вторых, рассматриваемая учеными динамика плоскопараллельного движения прицепных, навесных и самоходных машинно-тракторных агрегатов не учитывает специфики агрегатирования заднеприцепных машин и орудий, а поэтому не может быть использована для решения указанной проблемы. В результате не дает возможности достичь существенного повышения технико-экономических показателей работы удобрительно-посевого агрегата. Но при этом отмечается, что основным видом движения сельскохозяйственных машин является их плоскопараллельное движение, поскольку именно этот вид движения определяет агротехнические и эксплуатационно-технические показатели, а также производительность работы. Поиск научно-обоснованного решения, направленного на устранение указанных недостатков и составили основу данного исследования.

Цель исследования

Повышение технико-экономических показателей работы удобрительно-посевого агрегата путем обоснования его схемы и конструкционно-технологических параметров.

Результаты исследований

В последние десятилетия по мере роста цен на удобрения экономически целесообразным стало осуществление основного удобрения почвы одновременно с посевом сельскохозяйственных культур и припосевого внесения удобрений. Для этого ведущие фирмы мира производят посевные комплексы, оборудованные тремя бункерами для хранения технологического запаса семян и два бункера для удобрений, которые вносят для припосевого и основного удобрения почвы. Указанные посевные комплексы имеют высокую стоимость и поэтому их приобретение могут себе позволить сельскохозяйственные предприятия с большими объемами землепользования. Только при годовых объемах посевных площадей более 20 тыс. га использование таких высоко стоимостных технических средств будет экономически целесообразным. В связи с тем, что основное количество продукции растениеводства производится в хозяйствах с объемами землепользования до 5 тыс. га имеет место проблема по созданию технических средств, которые бы за один проход агрегата осуществляли локально основное удобрение почвы, посев сельскохозяйственных культур и припосевого внесение удобрений.

Учитывая низкую покупательную способность сельскохозяйственных товаропроизводителей, мы предлагаем решать вопросы создания необходимого технического средства с использованием двух комбинированных зернотуковых сеялок (как правило, уже есть в хозяйстве). С их использованием комплектующих агрегат, как это показано на рисунке. Первая сеялка должна



Рисунок 1. – Двосеялковый агрегат для ленточного внесения основных доз твердых минеральных удобрений, посева сельскохозяйственных культур и припосевного внесения удобрений стартовыми дозами

локально вносить удобрения основными дозами, а вторая сеялка – высевать в грунт семена одновременно со стартовыми удобрениями.

При этом следует иметь в виду, что для достижения необходимой глубины заделки основных доз удобрений первая сеялка должна быть оборудована однодисковыми сошниками. Необходимо также отметить, что при внесении основной дозы минеральных удобрений агрегатом из двух зернотуковых сеялок, которые следуют друг за другом, возникает проблема размещения строки семян со стартовой дозой минеральных удобрений, которые высеваются задней сеялкой, по отношению к ленте полной дозы минеральных удобрений, высеянных передней сеялкой.

Новым элементом этого агрегата является сцепка, которая была специально разработана. Сцепка позволяет выполнять крутые повороты агрегата на поворотных полосах и при его транспортировке на полевых дорогах, а также высева семян и стартовой дозы минеральных удобрений между лентами высеянной основной дозы удобрений.

Передняя сеялка была отрегулирована на высева основной дозы минеральных удобрений на глубину 8-10 см с междурядьями 25 см. Задняя сеялка настраивалась на строчный высева семян на глубину 5-6 см с междурядьями 12,5 см и внесения стартовых минеральных удобрений в те же строки и на ту же глубину.

В результате проведенных испытаний было установлено, что глубина заделки семян и удобрений отвечала агротехническим требованиям. Прибавка урожая ячменя от локализации минеральных удобрений составила 53 ц/га (контроль-50 ц/га), то есть 10,5% увеличение урожая по сравнению с внесением тех же доз удобрений путем их рассева на поверхность почвы перед его обработкой.

Необходимо отметить, что предложенное решение может быть реализовано и при посеве других сельскохозяйственных культур с использованием соответствующей сеялки.

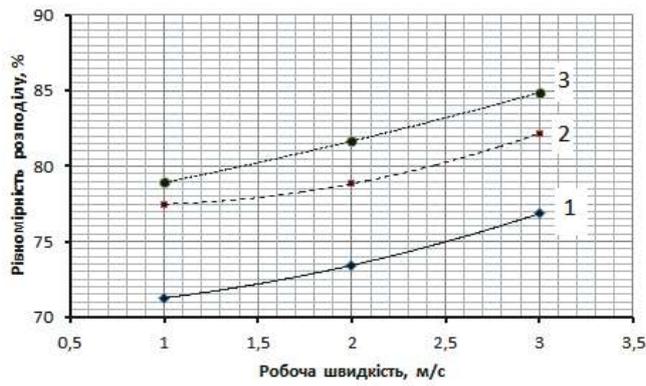
Были установлены зависимости качественных показателей работы комбинированного удобрительно-посевного машинно-тракторного агрегата. В частности, регрессионная модель равномерности распределения удобрений (семена сои) вдоль строки от скорости движения V удобрительно-посевного агрегата и глубины H закладки удобрений в почву имеет вид:

$$Y_2 = -60,6811 - 0,4867 V + 30,41 H + 0,6167 V V + 0,09 V H - 1,6633 H H. \quad (1)$$

Анализом экспериментально полученных функциональных зависимостей равномерности распределения удобрений (семена сои) вдоль строки установлено, что с увеличением скорости движения V удобрительно-посевного агрегата и глубины H закладки минеральных удобрений в почву равномерность их распределения на дне борозды увеличиваться (рис. 2).

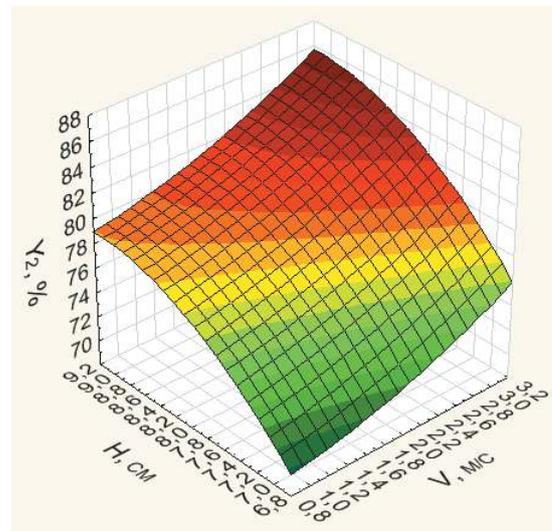
Регрессионная модель коэффициента вариации глубины высева минеральных удобрений (семена сои) от скорости движения V удобрительно-посевного агрегата и глубины H закладки удобрений в почву имеет вид:

$$Y_4 = 25,7444 - 14,89 V + 2,6967 H + 0,4533 V V + 1,3825 V H - 0,4417 H H. \quad (2)$$



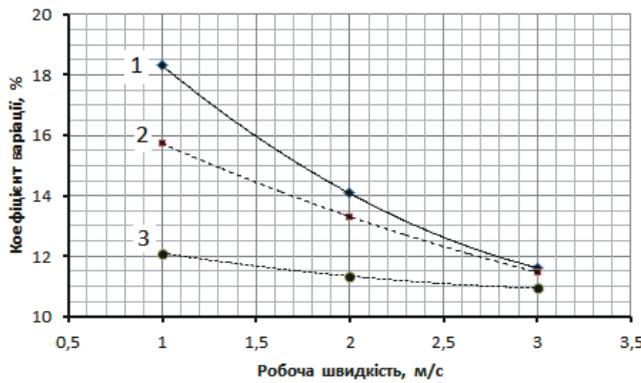
а)

1 – $H = 7$ см; 2 – $H = 8$ см; 3 – $H = 9$ см



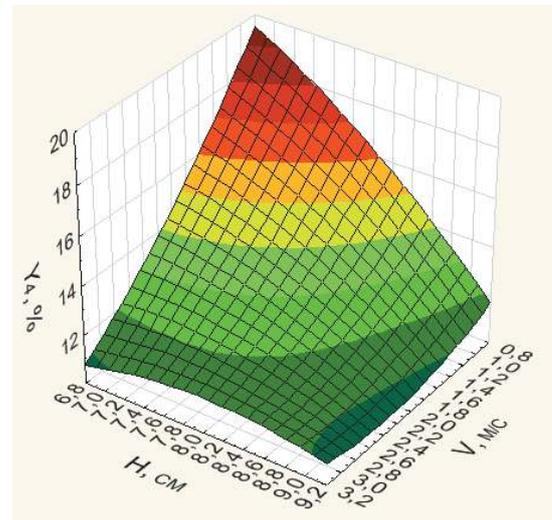
б)

Рисунок 2. – Зависимость равномерности распределения удобрений (семена сои) вдоль строки от скорости движения V удобрительную-посевного агрегата и глубины H закладки удобрений в почву (а) и поверхность отклика (б).



а)

1 – $H = 7$ см; 2 – $H = 8$ см; 3 – $H = 9$ см



б)

Рисунок 3. – Зависимость коэффициента вариации глубины высева удобрений (семена сои) вдоль строки от скорости движения V удобрительного-посевного агрегата и глубины H закладки удобрений в почву (а) и поверхность отклика (б)

Анализом функциональных зависимостей коэффициента вариации глубины высева удобрений (семена сои) вдоль строки (рис. 3) установлено, что уменьшение отклонения глубины заложения минеральных удобрений в почву достигается увеличением скорости движения V удобрительного-посевного агрегата и глубины H закладки минеральных удобрений в почву.

Указанные эмпирические математические модели (1) и (2) адекватные в факторном пространстве: $V \in 1,0 \dots 3,0$ м / с, $H \in 2 \dots 9$ см.

Также, экспериментальными исследованиями установлен факт уменьшения коэффициента вариации отклонения от оси строки удобрений (семена сои) с увеличением скорости движения V агрегата. Но увеличение глыбы заделки семян с 7 см до 8 см приводит к уменьшению коэффициента вариации, а при увеличении глубины H до 9 см – коэффициент вариации увеличивается.

На основе факторного анализа экспериментально полученных уравнений регрессии определено, что рациональными значениями скорости движения V комбинированного удобрительно-посевого машинно-тракторного агрегата составляет 2,5–3,0 м/с, глубины H высева семян – 4–5 см и глубины H закладки удобрений в почву – 8–9 см.

В результате полевых экспериментальных исследований установлено, что при применении комбинированного посевого агрегата для одновременного сева с внесением стартовой и основной дозы минеральных удобрений урожайность яровой пшеницы составляет 56,4 ц/га, а ячменя – 57,3 ц/га. При этом, по сравнению с применением сплошного внесения стартовой нормы минеральных удобрений разбросным способом, предпосевной культивации и комбинированной сева с одновременным внесением основной нормы удобрений, урожайность яровой пшеницы увеличилась на 5,1 ц/га, а ячменя – на 6,7 ц/га. Увеличение же урожайности при модернизированной схеме посева по сравнению с посевом без внесения минеральных удобрений составляет соответственно для яровой пшеницы – 6,9 ц/га, а для ячменя – 10,6 ц/га.

При проведении полевых экспериментальных исследований путем хронометража и специально проведенных измерений с применением измерительных устройств были также определены некоторые маневровые и эксплуатационные показатели данного удобрительно-посевого машинно-тракторного агрегата, значения которых занесены в таблицу 1.

Таблица 1. – Технологические и эксплуатационные показатели комбинированного посевого агрегата

Показник	Значения
Радиус поворота, м	6,5...8,9
Продолжительность разворота, с	18,4...24,7
Средняя скорость на поворотной полосе, м/с	1,78
Среднее отклонение траектории второй сеялки относительно траектории первой, см:	
при повороте	23,7
при рабочем ходе	3,6
Удельный расход топлива, л/га	3,77
Коэффициент использования времени смены	0,85

Как видно из данных таблицы 1, радиус поворота данного комбинированного машинно-тракторного агрегата не превышает 9 м, что предотвратит его петлевые повороты, а отклонение траектории второй сеялки относительно первой также имеет незначительную величину и составляет 23,7 см.

Выводы

1. Повышение эффективности использования основной дозы минеральных удобрений целесообразно осуществлять путем ее размещения в грунте ниже одновременно высеванных семян в виде ленты, то есть в зоне размещения корневой системы зерновых культур. Для практической реализации этого направления нужен комбинированный двухмашинный удобрительно-посевной машинно-тракторный агрегат, конструкция которого обеспечивала бы повышение технико-экономических показателей работы.

2. Обоснована схема удобрительно-посевого агрегата, которая состоит из агрегатирующего трактора, сеялки для внесения в почву основной дозы минеральных удобрений, к раме которой шарнирно присоединена сница сеялки сельскохозяйственных культур.

3. По результатам лабораторно-полевых экспериментальных исследований, которые были проведены на разработанной экспериментальной установке согласно принятой методики, получены математические модели влияния скорости движения комбинированного удобрительно-посевого агрегата, глубины высева семян и глубины заложения удобрений в почву на равномерность распределения семян и удобрений вдоль строки, а также отклонения глубины высева посевого материала установленной и отклонения заключения семян и удобрений на дно борозды от оси строки. Согласно анализу полученных результатов было обосновано рациональные значения параметров посева семян ячменя комбинированным удобрительно-посевным агрегатом:

скорость движения агрегата – 2,5-3,0 м/с; глубина высева семян – 4-5 см; глубина заложения удобрений в почву – 8-9 см.

4. В результате полевых исследований, установлено, что при применении комбинированного удобрительно-посевного агрегата для одновременного сева с внесением стартовой и основной нормы удобрений урожайность яровой пшеницы увеличилась на 5,1 ц/га, а ячменя – на 6,7 ц/га по сравнению с применением сплошного внесения стартовой нормы удобрений разбросным способом, предпосевной культивации и комбинированного сева с одновременным внесением основной нормы минеральных удобрений. По сравнению с посевом без внесения минеральных удобрений урожайность яровой пшеницы увеличилась на 6,9 ц/га, а ячменя – на 10,6 ц/га соответственно. Полученные результаты полевых исследований подтверждают целесообразность совмещения технологических операций посева семян зерновых культур с внутрпочвенным внесением основной и стартовой норм минеральных удобрений в одном проходе комбинированного удобрительно-посевного машинно-тракторного агрегата.

Литература

1. Василенко П. М. Введение в земледельческую механику / П. М. Василенко. – К.: Сельхозобразование, 1996. – 252 с.
2. Василенко П. М. Об уравнениях движения мобильных машинных агрегатов / П. М. Василенко // Сб. тр. по земледельческой механике. – Т. II. – М.: Сельхозгиз, 1952. – С. 76–84.
3. Василенко П. М. Элементы теории устойчивости движения прицепных сельскохозяйственных машин и орудий // П. М. Василенко // Там же, 1954. – С. 202–211.
4. Василенко П. М. Методика построения расчетных моделей функционирования механических систем (машин и машинных агрегатов): учеб. пособ. / П. М. Василенко, В. П. Василенко. – К.: УСХА, 1980. – 137 с.
5. Тракторы. Теория / В. В. Гуськов, Н. Н. Велев, Ю.Е. Атаманов и др. – М.: Машиностроение, 1988. – 376 с.
6. Тимофеев А. И. Анализ энергетического режима работы тракторного агрегата при разгоне // Земледельческая механика: сб. тр. / А. И. Тимофеев; под ред. В. А. Желиговского. – М.: Машиностроение, 1965. – Т. V. – С. 391–405.
7. Василенко П. М. Уравнение движения самоходных машинных агрегатов при трогании с места и разгоне / П. М. Василенко, В. Г. Кузьминский // Там же. – С. 28–43.
8. Кутьков Г. М. Тракторы и автомобили. Теория и технологические свойства / Г. М. Кутьков. – М.: Колос, 2004. – 504 с.
9. Надыкто В. Т. Основы агрегатирования модульных энергетических средств. Монография / В. Т. Надыкто. – Мелитополь: КП «ММД», 2003. – 240 с.
10. Патент Украины № 110432, МПК А01С 21/00. Агрегат для внутрішньогрунтового комплексного мінерального удобрення ґрунту з одночасною сівною сільськогосподарських культур / В. В. Адамчук, В. А. Насонов, О. Ф. Говоров, Є. А. Петриченко, В. К. Мойсеєнко. – заявка: а 201408883; заявл. 06.08.2014; опубл. 25.12.2015. – Бюл. № 24.
11. Герук С. Н. Анализ конструкций агрегатов для предпосевной обработки почвы и посева / С. Н. Герук, Е. А. Петриченко // Материалы Международной научно-технической конференции «Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве» (Минск, 22–23 октября 2014 г.), Том 2. – Минск, НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2014. – С. 147–152.

УДК 631.173: 658.58

Поступила в редакцию 11.08.2019
Received 11.09.2019

А. И. Петрашев, д. т. н., ст. н. сотр.

*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»,
г. Тамбов, Российская Федерация,
e-mail: vitin-10.pet@mail.ru*

ШЛАНГОВЫЙ ПОДОГРЕВАТЕЛЬ ВЯЗКОЙ МАСТИКИ

Обосновано применение обогреваемого шланга в устройстве для пневматического распыления вязкой мастики при пониженной температуре воздуха.

Ключевые слова: нагревательная спираль, шланг, вязкая мастика, пневматическое распыление

A. I. Petrashev, Grand Phd in Engineering sciences, senior researcher,

FSBSI «All-Russian Research Institute for Use
of Machinery and Petroleum Products in Agriculture»,
Tambov, Russia,
e-mail: vitin-10.pet@mail.ru

HOSE FOR HEATING OF VISCOUS MASTIC

The use of a heated hose in a device for pneumatic spraying of viscous mastic at low air temperature is justified.

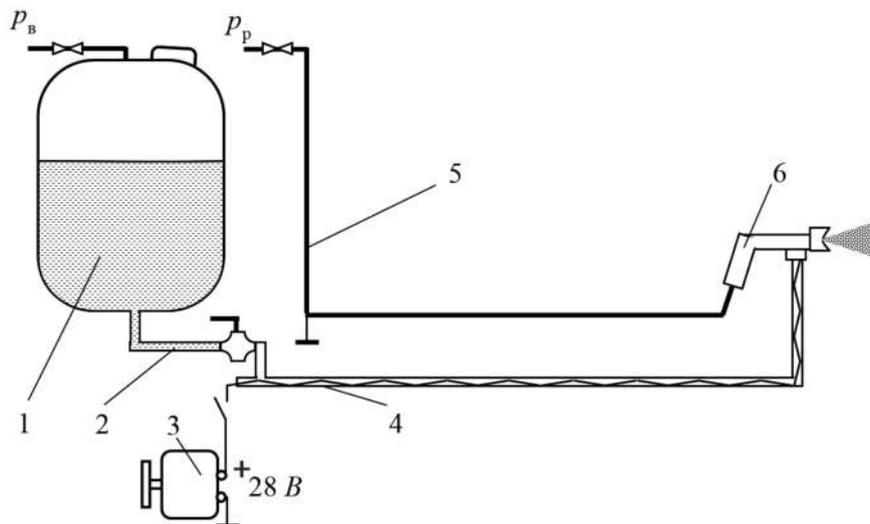
Keywords: heating spiral, hose, viscous mastic, pneumatic spraying.

Введение

Применение консервационного оборудования для нанесения защитных покрытий из вязкой мастики позволяет существенно ускорить подготовку сельскохозяйственной техники к длительному хранению [1]. Производительность оборудования и качество пневматического распыления мастики находятся в обратной зависимости от ее вязкости, которая в условиях пониженной температуры воздуха существенно возрастает [2, 3]. Хорошее качество пневматического распыления ингибированной мазутной мастики (ИММ) обеспечивается при динамической вязкости ниже $0,2 \text{ Па}\cdot\text{с}$ (или условной вязкости – 75 с по вискозиметру ВЗ-4). Применение растворителя для разжижения ИММ ухудшает защитные свойства наносимого покрытия. Для того чтобы уменьшить вязкость ИММ без снижения защитных свойств покрытия, ее необходимо наносить в подогретом состоянии [4].

Обсуждение полученных результатов

Предлагается попутный подогрев ИММ в шланге подачи, по которому ее нагнетают из напорного бака в пистолет-распылитель (рисунок 1). Шланговый подогреватель представляет собой проволочную спираль, уложенную в резинотекстильный шланг подачи мастики. Один конец спирали, со стороны напорного бака, подключается к клемме «плюс» низковольтного генератора Г1000В.05 (1 кВт , 28 В), другой конец – к корпусу пистолета-распылителя СО-71. Корпус пистолета-распылителя посредством гибкого медного провода, находящегося внутри воздушно-го шланга, соединен с массой оборудования и с клеммой «минус» генератора. Для включения шлангового подогревателя в работу, от генератора подают напряжение на проволочную спираль.



1 – напорный бак; 2 – выпускной патрубок с краном; 3 – низковольтный генератор;
4 – шланговый подогреватель; 5 – воздушный рукав; 6 – пистолет-распылитель

Рисунок 1. – Схема оборудования для нанесения мастики с подогревом

Технологически необходимая длина шлангового подогревателя, при которой доступна консервация всей машины [5], составляет $L_{ш} = 10$ м, диаметр проходного канала шланга для подачи мастики – $d_{ш} = 10–12$ мм. Длина проволоки – $L_{п}$ для изготовления спирали должна быть больше длины шланга – $L_{ш}$, минимальная длина проволоки конструкционно ограничена: $L_{п, \min} = 1,1L_{ш}$. Для шланга длиной 10 м минимальная длина проволоки $L_{п, \min} = 11$ м.

Электрическое сопротивление 1 погонного метра (1 п.м.) проволоки, используемой для изготовления спирали:

$$R_{п} = \frac{4\rho}{\pi d_{п}^2},$$

где $R_{п}$ – сопротивление 1 п.м. проволоки, Ом/м; ρ – удельное электрическое сопротивление проволоки, для нихромовой проволоки $\rho = 1,1$ Ом·мм²/м;

$d_{п}$ – диаметр проволоки, мм.

Полное сопротивление R проволочной спирали в шланговом подогревателе:

$$R = R_{п}L_{п}.$$

Мощность P нагревательной спирали при работе от генератора:

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{U^2}{R_{п}L_{п}},$$

где U – напряжение генератора, $U = 28$ В.

В таблице 1 приведены результаты расчета сопротивления и мощности спиралей длиной по 11,0 м, выполненных из нихромовых проволок диаметрами 1,0-2,5 мм, а также параметры спирали из стальной проволоки диаметром 1,2 мм, используемой для сварки в среде защитных газов.

Таблица 1. – Параметры спиралей для шлангового подогревателя

Материал спирали	Диаметр проволоки, $d_{п}$, мм	Электрическое сопротивление проволоки, $R_{п}$, Ом/м	Мощность спирали, P , Вт
Нихром	1,0	1,4	50,9
	1,2	0,97	73,5
	1,5	0,62	115,0
	2,0	0,35	203,6
	2,5	0,22	324,0
Сталь	1,2	0,29	245,8

Анализ данных показывает, что мощность нагрева свыше 240 Вт обеспечивают спирали из нихромовой проволоки диаметром 2,5 мм и из стальной сварочной проволоки диаметром 1,2 мм.

Температура нагрева проволочной спирали зависит от величины поверхностной мощности $\beta_{п}$ (Вт/см²), приведенной к 1 см² площади поверхности спирали:

$$\beta_{п} = \frac{P}{10\pi L_{п} d_{п}}.$$

Согласно выполненным расчетам, поверхностная мощность нагревательной спирали из проволоки длиной $L_{п} = 11,0$ м при диаметре $d_{п} = 1,2$ мм равна $\beta_{п} = 0,6$ Вт/см², при диаметре $d_{п} = 2,5$ мм – $\beta_{п} = 0,38$ Вт/см². Значения поверхностной мощности нагрева обеих спиралей не превышают допустимую величину – 0,8 Вт/см², рекомендуемую для резинотекстильных изделий. Однако, спираль из стали в 4,3 раза легче и в меньшей степени перекрывает сечение шланга, чем спираль из нихрома. Поэтому применение стальной спирали предпочтительнее.

Для оценки влияния диаметра шланга на теплопотери через его оболочку, рассмотрены два типоразмера напорного масло-бензостойкого рукава. Рукав типоразмера МБС10х18,5-1,6 МПа имеет внутренний диаметр $d_{в1} = 10$ мм, наружный – $d_{н1} = 18,5$ мм. Рукав типоразмера МБС12х20-1,6 МПа имеет внутренний диаметр $d_{в2} = 12$ мм, наружный – $d_{н2} = 20$ мм.

Теплопотери $Q_{\text{ш}}$ ($Вт$) через оболочку шланга определяются по [6]:

$$Q_{\text{ш}} = \frac{\pi L_{\text{ш}} (T_{\text{в}} - T_{\text{н}})}{\frac{1}{\alpha_1 d_{\text{в}}} + \frac{\ln(d_{\text{н}}/d_{\text{в}})}{2\lambda_{\text{ш}}} + \frac{1}{\alpha_2 d_{\text{н}}}},$$

где $\lambda_{\text{ш}}$ – коэффициент теплопроводности шланга, $\lambda_{\text{ш}} = 0,184 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{С})$; $T_{\text{в}}$ – температура мастики в шланге, $^{\circ}\text{С}$; $T_{\text{н}}$ – температура окружающего воздуха, $^{\circ}\text{С}$; $d_{\text{н}}$ – наружный диаметр шланга, м ; α_1 – коэффициент теплоотдачи от нагретой мастики к шлангу, $\alpha_1 = 100 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{С})$; α_2 – коэффициент теплоотдачи от нагретого шланга к воздуху, $\alpha_2 = 15 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{С})$.

Для разностей температур ($\Delta T_{\text{ок}} = T_{\text{в}} - T_{\text{н}}$) от 10 до 50 $^{\circ}\text{С}$ проведены расчеты и построены графики теплопотерь через оболочки шлангов с внутренними диаметрами 10 и 12 мм (рисунок 2).

Из рисунка 2 видно, что теплопотери из шланга в окружающий воздух зависят от диаметра шланга. При нагреве ИММ от 10 до 35 $^{\circ}\text{С}$ (при разности температур $\Delta T_{\text{ок}} = 25^{\circ}\text{С}$) теплопотери из шланга диаметром 12 мм составят 140 Вт , а теплопотери из шланга диаметром 10 мм ниже – 125 Вт . При этом запас мощности спирали – 115 Вт позволит разогреть холодную мастику, поступающую в шланговый подогреватель из напорного бака.

Для исследования работоспособности стальной сварочной проволоки в режиме нагрева, ее навивали на лист текстолита и подключали к генератору Г 1000В.05 через вольтметр и амперметр постоянного тока. Результаты измерений показали, что при включении в работу ток в проволоке понижался от 8,8 до 8,0 А и, соответственно, изменялась мощность нагрева – от 240 до 225 Вт в первые 10 с работы, а затем стабильно поддерживалась на уровне 225-228 Вт . При этом проволока нагрелась до температуры 85-95 $^{\circ}\text{С}$. Понижение мощности при нагреве спирали объясняется высоким температурным коэффициентом сопротивления стальной проволоки, который в 30 раз больше, чем нихромовой [7].

Для размещения 11 м проволоки внутри шланга сечением 10 мм и длиной 10 м , ее навивали на калиброванный прут $\Phi 6 \text{ мм}$, затем вытягивали на необходимую длину и вставляли в шланг. Шланг подсоединяли к напорному баку, заполняли его ИММ и подавали напряжение 28 В на спираль. Под давлением сжатого воздуха мастику в объеме 50-60 мл периодически выдавали из шланга в стакан, где измеряли ее температуру. При этом температура воздуха не превышала +10 $^{\circ}\text{С}$.

На рисунке 3 представлены опытные данные по нагреву ИММ в шланге.

Как видим, после включения в работу нагревательной спирали, температура ИММ в шланге быстро увеличивалась и в течение 10–12 мин. поднялась с 10 до 35–40 $^{\circ}\text{С}$. В дальнейшем темп роста температуры мастики замедлился. Одновременно с повышением температуры ИММ, отмечено понижение с 248 до 237 Вт мощности, потребляемой нагревательной спиралью, что связано с увеличением ее температурного сопротивления.

При нагреве ИММ до 35 $^{\circ}\text{С}$ ее динамическая вязкость понизилась до 0,18 $\text{Па}\cdot\text{с}$, а условная – до 70 с по ВЗ-4. Такой уровень вязкости достаточен для пневматического распыления мастики и получения покрытия без дефектов [8]. Поэтому нанесение ИММ можно начинать через 12–15 мин

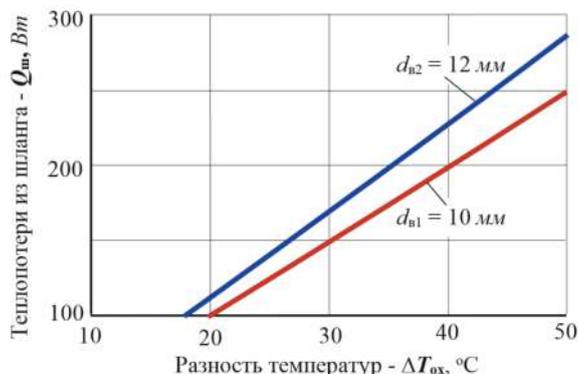


Рисунок 2. – Зависимость теплопотерь $Q_{\text{ш}}$ через оболочки шлангов от разности температур $\Delta T_{\text{ок}}$

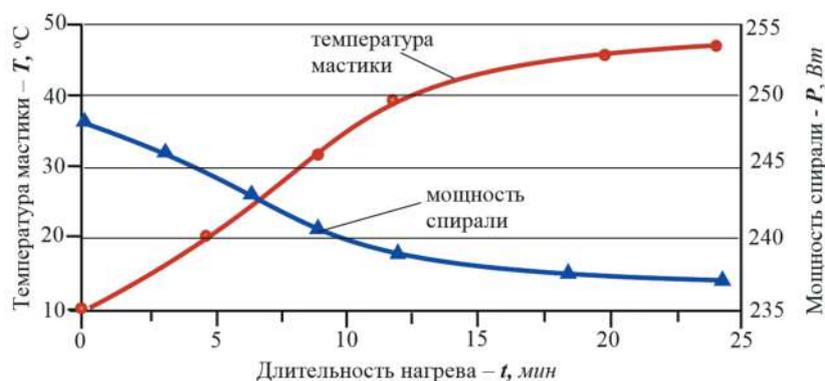


Рисунок 3. – Динамика изменения температуры T мастики и мощности P спирали в шланге в процессе нагрева

после включения нагрева спирали в шланге. В случае более длительного нагрева мастики, ее температура в шланге может повысится не более чем до 47-50 °C из-за снижения потребляемой мощности и роста теплопотерь в окружающую среду.

Заключение

В консервационном оборудовании для пневматического нанесения вязкой мастики на рабочие органы сельскохозяйственной техники целесообразно применять шланговый подогреватель, обеспечивающий подогрев и разжижение мастики при подаче из напорного бака к пистолету-распылителю. Для изготовления шлангового подогревателя следует использовать масло-бензостойкий рукав длиной 10 м с внутренним диаметром 10 мм, и оснастить его спиралью из стальной сварочной проволоки диаметром 1,2 мм, длиной 11 м. Для электропитания спирали в полевых условиях достаточно электроэнергии, вырабатываемой автотракторным генератором 28 В, 1000 Вт.

Литература

1. Петрашев, А. И. Обоснование выбора технических средств для консервации аграрной техники при хранении / А. И. Петрашев, В. В. Клепиков // Наука в центральной России. – 2014. – № 5 (11). – С. 28–37.
2. Навесной агрегат для консервации аграрной техники при пониженных температурах / А. М. Губашева, А. И. Петрашев, Л. Г. Князева и др. // Наука в центральной России. – 2017. – № 1 (25). – С. 43–54.
3. Петрашев, А. И. Пневматическая установка для нагрева и распыления вязких красок и мастик в условиях АПК / А. И. Петрашев // Практика противокоррозионной защиты. – 2001. – № 4 (22). – С. 23–26.
4. Мазутные составы для защиты сельскохозяйственной техники от атмосферной коррозии / Л.Г. Князева, А. И. Петрашев, В. В. Клепиков и др. // Наука в центральной России. – 2018. – № 4 (34). – С. 65–73.
5. Петрашев, А. И. Передвижная установка для противокоррозионной защиты машин / А. И. Петрашев, А.А. Ивойлов, Ю. Ю. Шаталин // Техника в сельском хозяйстве. – 2009. – № 2. – С. 27–29.
6. Телегин, А. С. Тепломассоперенос / А. С. Телегин, В. С. Швыдкой, Ю. Г. Ярошенко. – М.: Металлургия, 1995. – 400 с.
7. Кошкин, Н. И. Справочник по элементарной физике: 10-е изд., испр. и доп. / Н. И. Кошкин, М. Г. Ширкевич. – М.: Наука, 1986. – 256 с.
8. Петрашев, А. И. Оборудование для противокоррозионной защиты техники / А. И. Петрашев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2010. – № 5. – С. 31–33.

В. И. Черноиванов, акад. РАН, **Ю. А. Цой** член-корр. РАН,
Г. К. Толоконников, канд. ф.-м. наук (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ),
В. И. Передня, д-р техн. наук, проф.,
Н. Г. Бакач, канд. тех. наук, доц.,
Е. Л. Жилич, зав. лабораторией (РУП НПЦ НАН Беларуси)

¹*Российская академия наук,
г. Москва, Российская Федерация,*

²*ФГБНУ ФНАЦ ВИМ*

³*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь*

К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ «УМНОЙ» МОЛОЧНОЙ ФЕРМЫ

В связи с цифровизацией аграрного производства, включая молочное производство, обычно привлекаются технологии интернет вещей, нейронные сети глубокого обучения, блокчейн, анализ больших данных и другие технологии, показавшие достижения последних лет. Перечисленные технологии, будучи внедрёнными на молочной ферме, делают её «умной».

В предлагаемой в работе концепции умной фермы показано, что указанных представлений, согласно сложившихся представлений, недостаточно для обеспечения соответствующей эффективной основы цифровизации экономики, включая АПК, а требуется более глубокое определение умной фермы на основе теории биомасссистем и категорной теории систем, развивающее и качественно отличающее её от указанного традиционного общепринятого понятия. Предлагаемое концепцией использование современного системного подхода и решателей биомасссистем значительно увеличивает продуктивность фермы. Приведены конкретные мероприятия и технологии начального этапа создания умной фермы согласно представленной концепции.

Ключевые слова: умная ферма, расширенные эргатические системы, биомасссистемы, цифровизация экономики, искусственный интеллект, категорная теория систем, аппаратно-программный комплекс, лечение мастита коров

¹**V. I. Chernoiivanov**, ac. RAS, **IYu.A. Choi** Corresponding Member RAS,

²**G. K. Tolokonnikov**, Ph.D. Sciences (FGBNU FNATS VIM),

³**V. I. Perednja**, Dr. Tech. sciences, professor,

³**N. G. Bakach**, Cand. those. sciences, associate professor,

³**E. L. Zhilich**, Head of Laboratory (RUE SPC NAS of Belarus)

¹*Russian Academy of Sciences,
Moscow, The Russian Federation*

²*FGBNU FNATS VIM*

³*RUP “SPC NAS of Belarus on the mechanization of agriculture”,
Minsk, Republic of Belarus*

TO THE QUESTION OF CREATING A “SMART” DAIRY FARM

In connection with the digitalization of agricultural production, including dairy production, Internet of things technologies, deep learning neural networks, blockchain, big data analysis and other technologies that have shown the achievements of recent years are usually involved. These technologies, being implemented on a dairy farm, make it “smart”.

In the proposed work the concept of smart farm is shown that these views according to the prevailing views is not enough to ensure relevant effective framework of digitalization of the economy, including agriculture, and require a deeper definition of the smart farm on the basis of the theory of biomasswaste and categorical systems theory, developmental and qualitatively distinguishing it from the specified traditional common concepts. The proposed concept is the use of modern systemic approach and solvers of biomechanical significantly increases

the productivity of the farm. The specific activities and technologies of the initial stage of creating a smart farm according to the presented concept are given.

Keywords: smart farm, advanced ergatic systems, biomashsystems, digitalization of the economy, artificial intelligence, categorical theory of systems, hardware and software system, treatment of mastitis cows

Введение

Переход к цифровой экономике рассматривается в качестве ключевой движущей силы экономического роста, применительно к производству молока, завязанной на цифровые технологии РФ и РБ.

Среди других отраслей сельского хозяйства помимо важной роли в жизни человека молочная отрасль наиболее социально значима для укрепления и развития сельских территорий во всех регионах.

Разработка и освоение новых автоматизированных и роботизированных технических средств в сочетании с модернизацией и цифровизацией существующей системы машин позволит оптимизировать затраты и создаст потенциальные условия для расширения масштабов применения цифровых технологий в молочной отрасли.

Для функционирования «умной» фермы необходимы следующие условия:

– информатизация всех процессов, производимых на ферме с использованием элементов BigData;

– минимизация неопределенностей, в том числе, и влияния «человеческого» фактора;

– максимальный учет природно-климатических и социально-экономических особенностей региона;

– наличие подготовленных кадров.

Рассмотренное общепринятое понятие умной фермы в настоящей концепции дополняется двумя важнейшими факторами, представляющими качественное отличие предлагаемого понятия умной фермы от вышеуказанного и дающего значительные дополнительные возможности поднятия эффективности производства молочных ферм.

Первым из этих факторов является требование строго системного построения как самой фермы, так и ее функционирования с соблюдением законов категорных биомашсистем, включающих наличие системообразующего фактора по П.К.Анохину, установленных им системных принципов иерархии и изоморфизма, а также возможности применения категорных вычислительных методов для расчетов и прогнозирования деятельности фермы. Вторым фактором является использование интеллектуальных решателей предлагаемых в теории биомашсистем, позволяющих строить новые алгоритмы, не заложенные при создании подсистем управления. Подобные алгоритмы для управления фермой реализуют, в частности, возможности автономности управления в условиях неопределённости.

Цель исследования

Целью исследования является разработка концепции создания умной молочной фермы в сложившемся общепринятом понимании. Для чего привлекается современный системный подход и интеллектуальные технологии биомашсистем.

Методы исследования

Применены информационные методы исследования, включая аналитические, статистические методы обработки и анализа информации, методы современного системного подхода.

Использование наряду с известными эффективными технологиями и решениями строго системного построения умной фермы

Как объект анализа, ферма по своей структуре представляет собой эргатическую человеко-машинную систему, дополненную третьим элементом – животным, точнее, расширенную эргатическую систему по Цюю.Ю.А. [1], являющуюся частным случаем общих биомашсистем [2].

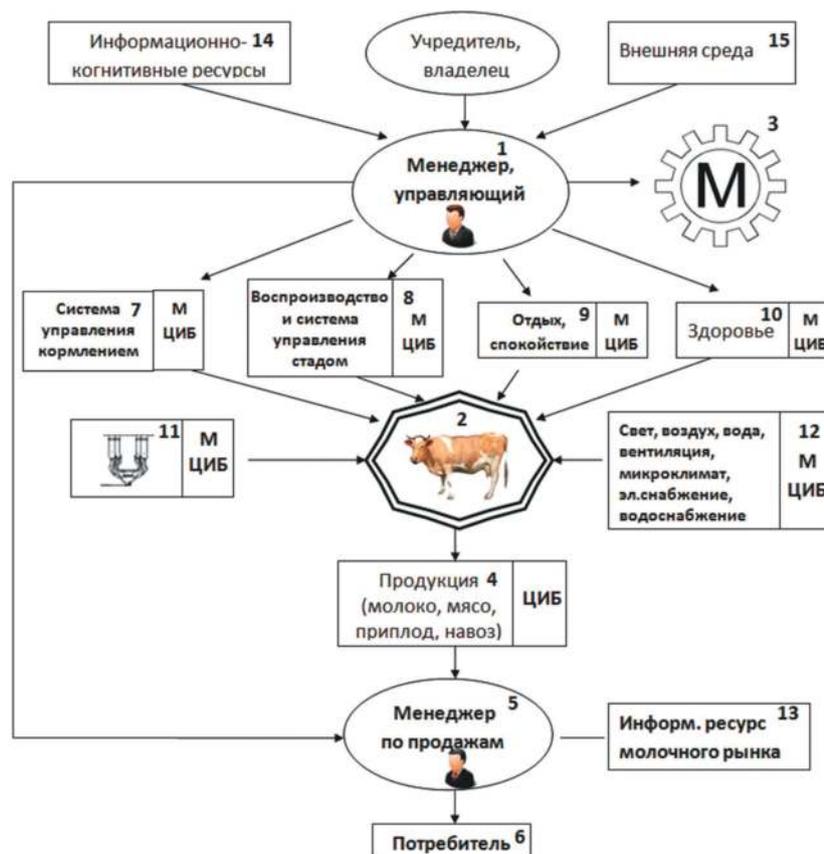
Для осуществления процесса получения продукции на ферме по В. П. Горячкину необходимым условием являются источник энергии – корм, приемник энергии – животное и аккумулятор энергии – молоко, мясо и др. [3]

К этому необходимо добавить достаточное условие – наличие потребителя, оплачивающего продукцию, создавая обеспечивающую доходность фермы, прибыль или по П.К. Анохину системообразующий фактор, который как и в биомашсистемах организует компоненты системы в направлении достижения результата и фактически формирует целостную систему.

Рассматриваемая 4-х звенная система функционирует в конкурентной среде, где имеются и другие производители. В этих условиях главной целью управления фермой является обеспечение ее доходности, что является ключевым и системообразующим фактором для ее устойчивого развития. По оценке Минсельхоза РФ использование цифровых технологий в АПК за счет точечной оптимизации затрат и более эффективного распределения средств позволит повысить рентабельность производства, в том числе снизить расходы почти на четверть.

По Я. Гулсену, известному в Западной Европе менеджеру по молочным фермам, жизнедеятельность и продуктивность коров зависит от 7 факторов: корм – вода, свет – воздух, здоровье, отдых – спокойствие. К этим факторам нужно добавить доение [4], которое в результате воздействия человека эволюционировало в условно приобретенный рефлекс, точнее согласно теории функциональных систем по П.К.Анохину-К.В.Судакову в отдельную функциональную систему с результатом «выдоенности» животного. Обеспечение необходимых и достаточных условий производства и управления перечисленными факторами и составляют суть подсистемы управления молочной фермы, как расширенной эргатической системы или биомашсистемы.

Исходя из доходности фермы и факторов ее определяющих [5], структура молочной фермы как расширенной эргатической системы может быть представлена в следующем виде (рис. 1).



1 – управляющий, менеджер; 2 – животное; 3 – машина; 4 – продукция (молоко, мясо, приплод, навоз); 5 – менеджер по продажам; 6 – потребитель; 7 – корм; 8 – воспроизводство стада; 9 – отдых, спокойствие; 10 – здоровье; 11 – доильная установка; 12 – оборудование коровника (вентиляция, свет, воздух, вода, электроснабжение)

Рисунок 1. – Структура молочной фермой, как расширенной эргатической системы:

Из схемы видно, что задачи управления носят многоплановый характер, начиная от управления отдельными машинами и процессами, и задачами по принятию решений в условиях волатильности факторов, определяющих как продуктовый, так инфраструктурный рынок.

Согласно ранее упомянутой 3-х звенной интерпретации процесса по В. П. Горячкину, определяющими блоками системы управления будут: система кормления («источник энергии»), воспроизводство стада или система управления стадом («приемник энергии») и доение, как блок, регистрирующий конечные результаты. Согласно прогнозу [6], в перспективе части управления эпигеном и микробиомом на ферме, стада будут рассматриваться как суперорганизмы, а исследование стад как наблюдательных единиц приведёт к управлению скотом разного возраста и этапов производства. Существует целый ряд алгоритмов и программ по оптимизации рационов кормления, некоторые из них входят в систему управления стадом.

Представление «данных в цифровой форме является ключевым фактором производства во всех сферах социально-экономической деятельности».

Каждый фактор, определяющий жизнедеятельность и функционирование фермы, как расширенной эргатической системы «человек-машина-животное», представлен в виде отдельного блока, содержащего в том или ином виде (датчик, техническое устройство и т.д.) цифровой информационный блок (ЦИБ), соединенный информационными каналами с ПК лица принимающего решения (ЛПР). Оснащение этими блоками (ЦИБ) является первоочередной задачей.

База данных формируется в виде функциональных файлов по каждому из основных факторов. Соответственно по каждому из них, в зависимости от задач анализа, разрабатываются комплекс алгоритмов и программное обеспечение, а также выходные формы. Результаты анализа полученных данных дают основание для принятия решения.

В общем случае все материальные потоки (корм, молоко, навоз, вода, ГСМ и т.д.) должны быть измерены и доведены до сведения менеджера для анализа и принятия решения. Анализ существующих технологических решений и системы машин показывает их несоответствие этим требованиям. Однако большая часть из них может быть адаптирована к цифровым технологиям путем их модернизации с учетом ситуационной неопределенности, что позволит существенно сократить затраты и сроки реализации проекта и системы машин.

Необходимость учесть в какой-то степени неопределенности позволит упорядочить и облегчить переход к практической реализации рассматриваемых вопросов [8].

К белой ситуации, когда неопределенность информации $H_{ii} = 0$, можно отнести технологические процессы полностью обеспеченные соответствующими датчиками входных сигналов и параметрами функционирования процесса. Например, при наличии датчиков освещенности может быть полностью автоматизировано управление освещением в зависимости от половозрастных групп животных и уровня естественной освещенности.

Задачи, связанные с неопределенностью субъективного характера: отсутствие достаточной информации или как указано в работе [8] гносеологическая неопределенность. Например, на большинстве ферм нет датчиков освещенности, скорости движения воздуха, содержания углекислого газа, аммиака, температуры воздуха. Это не позволяет управлять микроклиматом и освещенностью. В принципе, этот класс неопределенности может быть удален за счет установки соответствующих датчиков. В таком случае управление этими процессами может быть реализовано в виде автоматических систем.

– задачи управления, связанные с частичной неопределенностью объективного характера ($H_{ii} > 20\%$). Применительно к ферме – это природно-климатические условия и катаклизмы, которые могут повлиять на количество и качество заготавливаемого корма, кризисные явления могущие повлиять на стоимость энергии и ГСМ, цены на продукцию. К этому же классу относится неопределенность, вызванная зависимостью от действия других субъектов управления (смена владельца, учредителей, партнеров и др.), а также «человеческим» фактором исполнителей.

– управление в условиях неопределенности, вызванной нечеткостью «целей, ограничений, при которых последствия возможных действий неизвестны» ($H_{ii} = 100\%$). При проектировании эргатических человеко-машинных систем, необходимо, по мнению Л.Заде, основоположника те-

ории нечетких множеств, учитывать то, что «элементами мышления человека являются не числа, а элементы некоторых нечетких множеств, для которых переход от «принадлежности к классу» к непринадлежности не скачкообразен, а непрерывен» [9].

Представленная схема на рис. 1 дает лишь общие начальные представления о системе, но не может служить формальным объектом для последующего моделирования и вычислений по управлению. Перечисленные неопределенности и их характер, возникающие в процессе управления не позволяют к тому же использовать существующие классические методы оптимального управления. Тем не менее, выход имеется и состоит в использовании новых современных подходов в теории систем и искусственном интеллекте, что предусмотрено настоящей концепцией.

Важнейший вопрос, которому в концепции уделено соответствующее внимание, относится к чёткому применению современного системного подхода к построению умной фермы. Новые методы теории биомашсистем и категорной теории систем, подытоженные в монографии [10], существенно продвинули системный подход, впитав достижения теории функциональных систем по П.К.Анохину-К.В.Судакову, новые виды исчислений, обобщающие классические подходы в искусственном интеллекте, и новые разделы математической теории поликатегорий.

Формальный способ представления подобных рис. 1 систем и подсистем, позволяющий провести с последующим анализом и детализацией точный математический расчет, предоставляет категорная теория систем, предложенная в [11]. На начальном этапе разработки каким-либо способом, зависящим от природы системы, определяют составляющие систему подсистемы. Далее определяются связи между подсистемами, а также входы и выходы самой составной системы, входы и выходы подсистем, какие входы соединены с какими выходами. На схеме подсистемы изображаются овалами со стрелками входов и выходов. Другими словами: каждой подсистеме сопоставляется на схеме полистрелка поликатегории, которая моделирует систему. Никаких других элементов, кроме полистрелок подсистем, а также свёрток, определяющих связи подсистем между собой и с внешними системами на схеме не содержится, поскольку поликатегория суть набор полистрелок и свёрток.

На рис.2 размещена первоначальная категорная схема, соответствующая обычной схеме, приведенной на рис.1.

Подчеркнем, что связи подсистем отвечают и учитывают указанный на схеме (оплата потребителей) системообразующий фактор получения максимальной прибыли фермой в условиях конъюнктуры рынка, ограничений правового характера (законы, налоговая система и т.п.), погодных условий и ряда других факторов, проявляющихся во взаимодействии других систем с умной фермой, как системой. Эти внешние факторы с точки зрения системного подхода отвечают включению умной фермы как подсистемы в вышестоящую систему, воздействие которой на умную ферму отражают упомянутые внешние факторы. Изучение и учет этих воздействий принят как обязательный этап реализации концепции при построении умной фермы и является частью реализации современного системного подхода. Сюда же включаются другие требования системного построения, детально описанные в цитируемых монографиях.

Таким образом, начальное построение схемы системы отвечает строгой методике и является шагом к математическому моделированию системы с возможностью вычислений в дальнейшем в рамках теории свёрточных поликатегорий.

После определения подсистем и свёрток наступает этап детализации каждого из входов и выходов полистрелок, описание самих полистрелок и их связей (свёрток). Если удаётся точно построить систему с подсистемами как полиграф поликатегории, то становится возможным провести вычисления и получить точный результат, касающийся свойств системы, ее эволюции и так далее.

Предлагаемый системный подход к управлению фермой, основанный на синтезе накопленного наукой и практикой опыта и нового нейроинформационного подхода с позиции нейроинформатики, теории поликатегорий и использования описываемых далее решателей из теории биомашсистем, позволит уменьшить вероятность ошибочных и недостаточно эффективных действий в управлении со стороны руководства, то есть позволит уменьшить влияние человека при принятии решения.

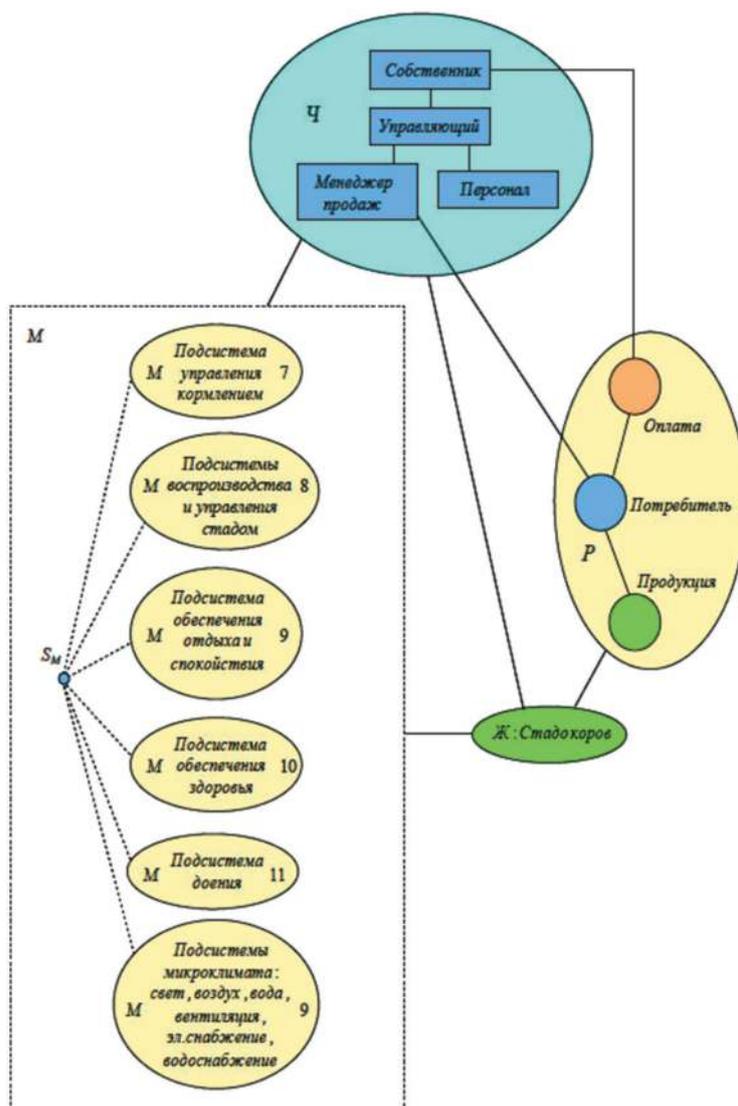


Рисунок 2. – Начальная категорная схема молочной фермы, как биомашсистемы, S_M свертка формирующая из подсистем 7-12 подсистему М

Использование наряду с известными эффективными технологиями искусственного интеллекта новых типов решателей подсистем управления умной фермы

Категорный подход позволяет структурировать схему управления с позиции ее формализации и последующего моделирования, организации контроля и оценки функционирования объектов и подсистем. Как уже отмечалось, в процессе функционирования фермы возникают разноплановые неопределенности, требующие соответствующей управленческой реакции. Решение подобных задач требует разработки новых алгоритмов, соответствующих возникающей задаче. Для этих целей подсистема управления умной фермой будет дополняться новыми видами решателей, используемыми в теории биомашсистем.

Это означает, что для истинно умных предприятий и умной фермы, в том числе, перечисленных технологий не хватает. В первую очередь это выражается в неспособности вырабатывать новые алгоритмы поведения для машин и управленческих программ в ситуациях с неопределённостью или ситуациях, не учтённых в машинах изначально. Следовательно, более умными будут фермы, снабженные такими технологиями, которые могут справиться с указанными неопределенными или не учтенными заранее ситуациями. Построение автономных интеллектуальных систем управления является одной из главных целей теории биомашсистем, для такого постро-

ения здесь используются новые типы решателей (блок Поста и др.), опирающиеся на различные принципы, в частности, на универсальные исчисления порождающие другие исчисления.

Таким образом, в предлагаемой концепции умной фермы используются интеллектуальные автономные подсистемы управления биомашсистем.

В результате предлагаемая концепция использует более глубокое понятие умной фермы, опирающееся на теорию биомашсистем и категорную теорию систем. Качественными отличиями предлагаемого понятия от традиционного понятия умной фермы (даже снабжённой системой датчиков и расширенными способами обработки информации и т.п.) являются:

а) жесткое построение умной фермы как системы (как правило, биомашсистемы) и подсистемы в вышестоящей по категорной иерархии системе и

б) реализация достаточно высокой степени автономности в интеллектуальных блоках подсистем управления умной фермой, например, реализация блоков Поста и биоблоков, используемых в теории биомашсистем.

Вместе с тем концепция содержит требование использования современных средств цифровизации, включая показавших свою эффективность технологий нейронных сетей глубокого обучения, анализа больших данных и так далее.

Правильность выбора изложенного общего тренда направленности построения умной молочной фермы, затрагивающего наиболее существенное в повышении продуктивности, именно построение и поддержание подсистемы управления, иллюстрируется следующими практическими примерами влияния человеческого фактора и уровня управления на работу системы.

Так наш анализ показал, что неудачная попытка внедрения на государственном уровне беспривязного содержания коров в СССР (1958–1963 гг.) и 1974–1984 гг. также объясняется человеческим фактором [14].

Иллюстрацией являются также данные по работе молочных ферм в рамках одного из районов Ярославской области

Из приведенных диаграмм видно, что при потенциально одинаковых информационных и когнитивных ресурсах, природно-климатических условиях наблюдается большой разброс как по удою, так и по рентабельности молочных ферм. Так при среднем удое по району 5975 кг/год, пять хозяйств имеют удой менее 4000 кг/год, а четыре хозяйства свыше 7000 кг/год. При среднем по району уровне рентабельности 27%, три лучших хозяйства имеют рентабельность выше 50%, а три хозяйства убыточны. Чем объяснить такой разброс? Ответ очевиден: только разным уровнем и качеством управления. При двухзвенной наиболее распространенной на сегодня организационной схеме управления (менеджер – управляющий – владелец фермы) предполагающая интеллектуальный потенциал система управления «умной фермой» обеспечит также контроль и оценку эффективности управленческих решений.

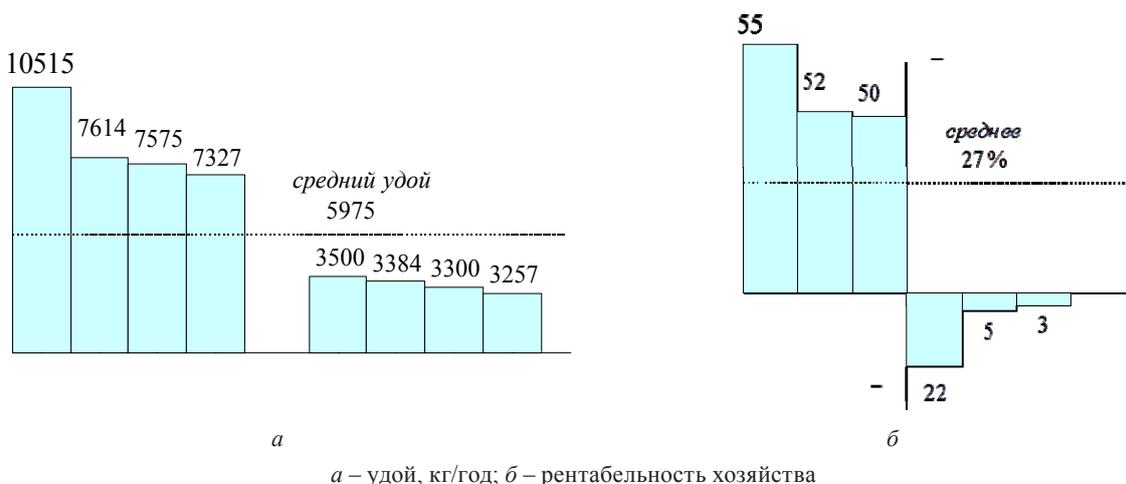


Рисунок 3. – Данные по работе молочных ферм в 2016 году по одному из районов Ярославской области:

Направления и мероприятия внедрения интеллектуальных технологий и оборудования для умной молочной фермы

Для реализации концепции предполагается дальнейшая детальная разработка дорожной карты построения умной молочной фермы с полным раскрытием и использованием методов теории биомашсистем, а также реализация мероприятий по внедрению и модернизации имеющихся технологий цифровизации. В данной статье отведено место перечню конкретных первоначальных мероприятий по модернизации указанных технологий.

Основным фактором в себестоимости молока занимают корма, которые порой составляют 55% и более от общих затрат на молочно-товарных фермах. Стоимость машин и оборудования не превышает 15% от общих затрат, а зарплата обслуживающего персонала составляет около 13% [15].

Обеспечение необходимых и достаточных условий для производства и управления факторами, определяющих жизнедеятельность и продуктивность животных и составляют суть «интеллектуальной» молочной фермы. По мнению специалистов к этим факторам в первую очередь относятся полнорационное кормление и способ содержания.

В качестве приоритетных направлений выделяются следующие направления и разработки [14, 15]:

1) создание автоматизированных средств для оценки количества, качества и состава кормов начиная с уборки и хранения. Реализация этого направления позволит организовать уборку кормов в оптимальные сроки, корректировать рацион кормосмесей;

2) разработка интеллектуальной технологии переработки фуражного зерна путем высокоградиентного механического и ферментативного воздействия, что позволит превратить высокомолекулярные соединения клетчатки, крахмала и других составляющих зерна, в низкомолекулярные легкоусвояемые формы. Предлагаемый метод позволит в 1,5–2 раза повысить усвояемость по сравнению с традиционными технологиями (дробление, плющение, экструдирование и др.);

3) роботизированные средства для приготовления и раздачи полнорационные кормосмеси с возможностью дозирования высокоэнергетических компонентов различным половозрастным группам;

4) автоматизированные доильные модули с почетвертным выдаиванием и мониторингом качества молока для технического переоснащения функционирующих доильных залов;

5) автоматизированные доильные аппараты с АСУ ТП для линейных доильных установок с молокопроводом;

6) безхлорная технология и средства для нейтрализации (обеззараживания) биоматериалов с использованием нейтрального анолита с получением его из любой воды, что позволит обеспечить дезинфекцию и стерилизацию оборудования, строений, транспорта, скотомогильников, высокоэффективных даже по сибирской язве и африканской чуме;

7) создание автоматизированной технологии и оборудования с использованием технического зрения для проведения бонитировочных работ с обработкой и предоставлением данных в электронном или бумажном виде;

8) разработка комплекта датчиков и программно-аппаратных средств для оценки физиологического состояния животных;

9) автоматизированный контроль качества молока в потоке на доильных установках (белок, жир, соматика);

10) технология и бесконтактный аппаратно-программный комплекс видеоцифровой идентификации заболеваний вымени и суставов у коров.

Востребованность и эффективность практической реализации направлений обусловлена, в частности, тем, что за годы перестройки в хозяйствах по ряду причин образовался дефицит квалифицированных зоотехнических и ветеринарных кадров, особенно среднего звена. Например, из-за отсутствия кадров и трудоемкости, сегодня разрешено не проводить промеры при бонитировке скота для записи в племенных книгах. Все перечисленные направления предусматривают измерение и получение необходимой информации в цифровом виде с идентифика-

цией номера животного. Это позволяет при наличии интернета осуществлять централизованно сбор, обработку и интерпретацию цифрового материала в специальных региональных центрах, укомплектованных квалифицированными специалистами (рис. 5).

Научно-практические выводы и предложения

В предлагаемой в работе концепции показано, что ограничиться в цифровизации отрасли молочного производства подобными умными фермами недостаточно. Предлагается более глубокое понятие умной фермы, опирающееся на теорию биомашсистем и категорную теорию систем. Качественными отличиями предлагаемого понятия от традиционно понимаемой умной фермы (даже снабжённой системой датчиков и расширенными способами обработки информации и т.п.), существенно развивающее это традиционное понимание умной фермы, являются:

а) жесткое построение умной фермы как системы (как правило, биомашсистемы) и подсистемы в вышестоящей по категорной иерархии системе;

б) реализация достаточно высокой степени автономности в интеллектуальных блоках подсистем управления умной фермой, например, реализация блоков Поста и биоблоков, используемых в теории биомашсистем.

Эти ключевые качества, в частности, означают построение умной молочной фермы как категорной биомашсистемы. Вместе с тем, предлагаемая концепция создания умной молочной фермы содержит требование использования современных средств цифровизации, включая показавшие свою эффективность вышеуказанные технологии нейронных сетей глубокого обучения, анализа больших данных и так далее.

Помимо обоснованного нового понимания «умной фермы», более адекватного для решения задачи ускоренного развития молочной отрасли, в концепции приведены рекомендации по конкретному построению умной молочной фермы на начальном этапе реализации.

Литература

1. Черноиванов В. И. Биомашсистемы: возникновение, развитие и перспективы // Биомашсистемы. – 2017. – Т. 1. № 1. С. 7–58.
2. Биомашсистемы. Теория и приложения / под ред. Чернованова В.И., М.: Росинформагротех, 2016, том 1, 228 с., том 2, 214 с.
3. Горячкин В. П. Общая схема процессов. Собрание сочинений, Т. IV, М.: Сельхозгис, 1940.
4. Цой Ю. А. Восемь факторов для системы управления умной фермой / в кн. Биомашсистемы. Теория и приложения, том 2, М.: Росинформагротех, 2016. – С. 128–131.
5. Передня В. И. Инновационные технологии и оборудование для технологического переоснащения молочно-товарных ферм. Академические чтения, посвященные 85-летию со дня рождения И. С. Нагорского, Мн. 2016. С. 12–20.
6. J. Hulsen, Bauen für die Kuh. Für Vorträge und Stalltrainings, Vetvice, 2010, s.48.
7. Invited review: Learning from the future – A vision for dairy farms and cows in 2067. Britt J.H. et al. Journal of Dairy Science, May 2018, Volume 101, Issue 5, 3722 – 3741.
8. И.Н. Розенберг. Управление в условиях неопределенности/ Современные технологии управления, 3 7, 2017, номер статьи 7902.
9. Заде Л. А. Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений / М34 «Математика сегодня» (Сборник статей пер. с англ.), М.: Знания, 1974, С. 5–49.
10. Черноиванов В.И., Судаков С.К., Толоконников Г.К. Биомашсистемы, функциональные системы, категорная теория систем. М.: НИИ нормальной физиологии им.П.К.Анохина РАН, ФНАЦ ВИМ РАН, 2018. 446 с.
11. Толоконников Г. К. Математическая категорная теория систем / в кн. Биомашсистемы. Теория и приложения, том 2, М.: Росинформагротех, 2016, С. 22–114.
12. Жданов А. А. Интеллект не как совокупность рефлексов, а как свобода выбора // Биомашсистемы, 2018. Т.1. №1. С. 143–152.
13. Корнеев В. М. Основы теории авиационных эргатических систем. – Ульяновск, 2015. – 273 с.
14. Цой Ю. А., Баишева Р. А. Ретроспективный анализ и сравнительная оценка беспривязного и привязного содержания коров. Мифы и реалии // Вестник ВНИИМЖ. 2018. №3 (31).
15. Передня В. И. Техническое и технологическое обеспечение получения конкурентоспособного молока. Инновационные ресурсосберегающие технологии для производства биобезопасных комбикормов и конкурентоспособного молока. М.: 2018. С. 3–24.

¹Б. Д. Докин, ²А. А. Алетдинова, ²Я. С. Цыбина

¹*«Сибирский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства СФНЦА РАН»,
п. Краснообск, Россия,
e-mail: dokin38@mail.ru*

²*«Новосибирский государственный технический университет»,
г. Новосибирск, Россия,
e-mail: aletdinova@corp.nstu.ru, janatsybina@yandex.ru*

ИЗМЕНЕНИЕ ПОТРЕБНОСТИ В ТРУДОВЫХ РЕСУРСАХ ПРИ ВАРЬИРОВАНИИ ИНТЕНСИВНОСТЬЮ ТЕХНОЛОГИЙ РАСТЕНИЕВОДСТВА

В статье приводятся результаты исследований по определению потребности в механизаторах, в зависимости от интенсивности используемой технологии для лесостепной зоны западной Сибири. Выявлена взаимосвязь между количеством рабочих смен, уровнем интенсивности технологии и производительностью машин.

Ключевые слова: трудовые ресурсы, интенсивность технологии, рабочие смены, производительность машин.

¹B. D. Dokin, ²A. A. Aletdinova, ²Y. S. Tsybina

¹*«Siberian Research Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture»,
Krasnoobsk, Russia,
e-mail: dokin38@mail.ru*

²*«Novosibirsk State Technical University»,
Novosibirsk, Russia,
e-mail: aletdinova@corp.nstu.ru, janatsybina@yandex.ru*

CHANGE IN NEED FOR LABOR RESOURCES WHEN VARIATING THE INTENSITY OF PLANT TECHNOLOGIES

The article presents the results of studies to determine the need for mechanical congestion depending on the intensity of the technology used for the forest-steppe zone of western Siberia. The relationship between the number of work shifts, the level of technology intensity and the productivity of machines was revealed.

Keywords: labor resources, technology intensity, work shifts, machine productivity.

Введение

В последние десятилетия сельское хозяйство России переживает кризис нехватки трудовых ресурсов – это связано как с общим снижением численности населения, так и с миграцией сельских жителей в города. Из-за недостаточности трудовых ресурсов осложняется не только деятельность сельскохозяйственных предприятий, но и усложняется задача продовольственной безопасности страны в целом. Однако развитие сельского хозяйства с применением современных научно-технологических решений, на наш взгляд, могут помочь с уходом от инерционного сценария к более прогрессивному, например:

– привлечение высококвалифицированных специалистов с помощью комплекса мер как государственного, так и частного характера (государственных программ, грантов и инвестиционных проектов);

– проведение автоматизации, роботизации и цифровизации для частичного замещения труда в ряде производственных процессов при внедрении современных технологиях, например, вертикального сельского хозяйства, точного земледелия и др.

Основываясь на задаче планирования развития сельскохозяйственных организаций, рассмотрим возможные пути сокращения потребности в механизаторах на основе варьирования интенсивности технологий растениеводства.

Объекты и методы исследований

Объектом исследований являлись уровень потребности в механизаторах в зависимости от применяемой технологии. При исследовании применялись процессный подход, методы имитационного моделирования и регрессионного анализа данных. Исходные данные получали на основе прогона имитационной модели загрузки машинно-тракторного парка, которая позволила получить данные по продолжительностям смен для агрегатов разных типов в зависимости от степени интенсификации технологий. Так же, для проведения расчетов использован метод сквозного просмотра вариантов годовых комплексов полевых работ, разработанный в СибИМЭ. Серия имитационных экспериментов выполнена на базе имитационной модели загрузки машинно-тракторного парка, построенной в пакете прикладных программ AnyLogic 8.

Постановка задачи для построения имитационной модели уже была сформулирована авторами [1]. Пусть, при известных объемах, имеется некоторое количество видов сельскохозяйственных работ. Различные агрегаты, обладающие разной производительностью и потреблением ресурсов, могут выполнять данные работы. Базовое условие задачи связано со сроками проведения работ, которые не должны превышать определенные лимиты. Каждая операция должна быть выполнена в определенный промежуток времени и в определенной последовательности. Дополнительные ограничения на сумму интенсивностей использования машин определенного типа – должна быть равна общему количеству этого типа машин хозяйства и определяется положительной величиной. Требовалось определить интенсивность использования машины.

В качестве функции, которую необходимо минимизировать, можно использовать:

$$L_{jts} = \frac{P_{jt}}{W_{jts}}, \quad (j = 1, 2 \dots Z; t = 1, 2 \dots T; s = 1, 2 \dots S), \quad (1)$$

где, L_{jts} – количество машинно-тракторных агрегатов, которое в результате расчетов может быть выражено как выполненная доля загрузки;

P_{jt} – объем работы j выполняемой в период t ;

W_{jts} – это максимально возможная величина выработки при выполнении работы j с одной и той же энергомашиной марки i в период t . Целевая функция отражает минимальное количество машин, требующихся для выполнения всех объемов сельскохозяйственных работ.

Также были использованы основные положения метода сквозного просмотра вариантов годовых комплексов работ для графического отображения и анализа годовых комплексов работ и использования на них энергомашин [2]. Для определения времени обработки агрегатом операции использован подход, основанный на экономически целесообразном сроке проведения полевых работ. Данные сроки не являются нормированными из-за запаздывания проведения полевых работ, приводящих к потерям урожая, а также из-за затрат, обусловленных техническим обеспечением этих сроков. Учитывается, что сроки созревания различны и могут варьироваться в некоторых диапазонах. Существующая функция совокупных затрат для сельхозпредприятия в зависимости от продолжительности выполнения технологической операции позволяет определить целесообразные сроки проведения полевых работ [3].

Нами были выделены основные данные, которые используются для работы имитационной модели. К входным переменным относятся: класс машинного агрегата (мощность, производительность, максимально возможная величина часовой загрузки); коэффициент надежности технических средств; коэффициент готовности машинно-тракторного парка к выполнению работ; длительность рабочей смены; погодные условия являющаяся вероятностной переменной; тип сельскохозяйственной операции; объемы работ в физических единицах; длительность сельскохозяйственного года. Внутренние расчетные переменные: резерв рабочего времени для каждой энергомашины заданного класса; длительности периодов сельскохозяйственного года; объемы

работ; производительность за период работы агрегатов; минимальная часовая выработка агрегата. Выходные переменные: доля выработки по определенной операции от максимально возможного выполнения заданного объема работ за период; минимальная величина времени выполнения полученного годового комплекса работ; набор технических средств для выполнения годовых комплексов работ.

Результаты исследований

При проведении расчетов, площадь, занимаемая каждой сельскохозяйственной культурой, задана равной 1000 га. Используются технологические карты возделывания и уборки сельскохозяйственных культур для лесостепной зоны Западной Сибири. В ходе моделирования были использованы данные по пяти типам технических средств: К-744-р1; К-744-р3; ДОН-1500; ДОН-1200; ДОН-680; JD9430. На примере культур пшеница по многолетним травам, овес, ячмень и горох были рассмотрены технологии: экстенсивная, малоинтенсивная, ресурсосберегающая, интенсивная.

На примере трактора К-744Р1 определена средняя потребность в механизаторах в зависимости от типа технологии (рисунок 1).

Наиболее высокий уровень потребности в механизаторах при интенсивных технологиях.

Полученные в ходе прогона имитационной модели данные, были использованы для регрессионного анализа, что позволило построить логит-модель зависимости количества рабочих смен от уровня использования технологии (где под уровнем использования технологий понимается уровень ее интенсивности) и производительности машин. Для проведения расчетов и анализа регрессионной модели был использован статистический пакет R. Общий вид регрессионной модели:

$$\text{Смена} = I\vec{\beta} + \vec{W}\beta_j, \quad (2)$$

где Смена – количество смен при 7-ми часовом рабочем дне;

I – матрица технологий;

\vec{W} – вектор производительности технических средств.

Из модели была исключена малоинтенсивная технология так как обнаружена ее корреляция с ресурсосберегающей технологией, что ухудшало показатели качества модели. Проведенный регрессионный анализ подтверждает статистическую значимость полученной модели (таблица 1).

Коэффициент детерминации равен 0,3549, скорректированный коэффициент детерминации – 0,3265, F-статистика – 12.51, значимость 0,000. По критерию Фишера не подтвердилась гипотеза H_0 о статистической незначимости уравнения регрессии и показателя тесноты связи. Все коэффициенты при переменных статистически значимы.



Рисунок 1. – Потребность в механизаторах трактора К-744Р1 в зависимости от типа технологии

Таблица 1. – Результаты регрессионного анализа модели (2)

Коэффициенты	Показатель			
	Значение коэффициента	Стандартная ошибка	T-статистика	Значимость
β_0	21.312096	1.398835	15.236	0,000
β_1	2.956667	0.885517	3.339	0,000
β_2	1.337952	0.885517	1.511	0,000
β_3	1.826905	0.885517	2.063	0,000
β_4	-0.025196	0.004057	-6.211	0,000

На основе исходных данных также проверена статистическая значимость логистической модели с обратной зависимостью, т.е. уровня использования технологии от количества смен и производительности технических средств (3).

$$P(I) = \frac{1}{1 + e^{-I}}, \quad (3)$$

где $P(I)$ – вероятность выпадения технологии;

I – тип технологии; и $I = \beta_1 + \beta_2 \vec{W} + \beta_3 \cdot \text{Смена}$.

Результаты проверки показали ее статистическую значимость (таблица 2).

Таблица 2. – Результаты регрессионного анализа зависимости уровня использования технологии от величины смены и производительности технических средств

Коэффициенты	Показатель			
	Значение коэффициента	Стандартная ошибка	Z-статистика	Значимость
β_0	-3.329065	1.935522	-1.720	0,000
β_1	0.004970	0.003701	1.343	0,000
β_2	0.198145	0.075254	2.633	0,000

Таким образом, подтверждена взаимосвязь количества смен и уровня использования технологий и производительности технических средств.

Заключение

В результате проведенных экспериментов была подтверждена взаимосвязь между ростом интенсивности технологий производства сельскохозяйственных культур и ростом потребности в трудовых ресурсах и технических средствах, при этом применение более мощных технических средств (при прочих константах) сокращает потребность в трудовых ресурсах. Используемая в исследовании логит-модель может быть применена в качестве инструментария для проведения анализа трудовых ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции.

Литература

1. Dokin, B. D. Process approach for modeling of machine and tractor fleet structure / B. D. Dokin, A. A. Aletdinova, M. S. Kravchenko, T. S. Tsybina // Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – Vol. 1015.
2. Алетдинова, А. А. Инженерно-техническая система обеспечения устойчивого развития АПК Новосибирской области/ А. А. Алетдинова, В. А. Бахарев, В. Н. Делягин, Б. Д. Докин, В. Г. Ермохин, Н. М. Иванов, В.Л. Мартынова. – Новосибирск СибИМЭ. –2001. – С. 168.
3. Докин, Б. Д. Техническое обеспечение сроков проведения полевых работ в условиях Сибири / Б. Д. Докин, О. В. Ёлкин, Е. А. Лапченко, С. П. Исакова // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2014. – №. 2. – С. 60–64.

Б. Х. Ахалая, к. т. н., вед. науч. сотр., **С. И. Старовойтов**, д. т. н., вед. науч. сотр.,
П. А. Еремин, инженер, **А. С. Золотарев**, мл. науч. сотр.,
С. А. Квас, инженер, **М. В. Иванов**, инженер

*Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,
г. Москва, Российская Федерация,
e-mail: badri53@yandex.ru*

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ПНЕВМАТИЧЕСКИ ВЫСЕВАЮЩИЕ АППАРАТЫ

Разработаны конструкции ресурсосберегающих пневматических высевающих аппаратов, которые отличаются простотой конструкции, пониженной материалоемкостью, низким уровнем механического повреждения посевного материала (минимальный процент дробления семян), возможностью одновременного высева семян двух разных растений в один ряд.

Ключевые слова: семенной бункер, устройство, семена, аппарат, воздуховод, высевающий диск.

B. Kh. Akhalaya, PhD. Nauch. sotr., **S. I. Starovoytov**, Doctor of Technical Sciences, Ved. scientific sotr.,
P. A. Eremin, engineer, **A. S. Zolotarev**, ml. scientific sot., **S. A. Kvas**, engineer, **M. V. Ivanov**, engineer

*VIM Federal Research Agro-Engineering Center,
Moscow, Russian Federation,
e-mail: badri53@yandex.ru*

RESOURCE-SAVING PNEUMATIC SEEDING DEVICES

The designs of pneumatic vacuum-sowing devices have been developed, which are distinguished by simplicity of design, low material consumption, low level of mechanical damage to the seed (minimum percentage of seed crushing), possibility of simultaneous sowing of seeds of two different plants in one row.

Keywords: seed bunker, device, seeds, apparatus, air duct, sowing disk.

Известно, что для проведения качественного и в кратчайшие сроки посева, технику необходимо подготовить так, чтобы она была надежной в эксплуатации, производительной и способной работать по различным современным технологиям. Повысить производительность можно увеличив ширину захвата агрегата и рабочую скорость. Однако первый способ ограничивается маневренностью во время транспортировки, ухудшением точности высева семян, из-за плохого копирования поверхности поля, а второй – часто приводит к нарушению высева семян, так как технические устройства не успевают выполнить технологическую операцию [1-4].

В Федеральном научном агроинженерном центре ВИМ, наряду с другими высевающими устройствами [5-8], создаются новые пневматические высевающие аппараты, отличающиеся кардинальными конструктивными изменениями пневматической системы высева.

Цель исследования – разработать пневматические высевающие аппараты, повышающие производительность, снижающие уровень механической повреждаемости семян, используя при этом их аэродинамические свойства, с возможностью автоматизированного регулирования высева.

На рисунке 1 представлен пневматический высевающий аппарат с регулятором подачи семян, который содержит семенной бункер 1, вентилятор 2, воздуховод 3, камеру разрежения 4 (на рисунке не показана), высевающий диск 5 с отверстиями 6, ось 7 диска 5, ворошилку 8, приводную звездочку 9, регулировочную задвижку 10, клапан опорожнения 11 и разгрузочное окно 12. Воздуховод 3 в нижней части разделен на два патрубка 13 и 14, один – 13 из которых подведен к камере разрежения 4, а другой 14 выполнен гибким в виде вакуум транспортера и подведен к разгрузочному окну 12. Бункер 1 сбоку имеет загрузочное отверстие 15. Бункер 1 разделен на две части 16 и снабжен задвижками 17 (Рис.2), на дне, дистанционно перекрывающими поступление семян различных культур поочередно из частей 16 бункера 1 в приемную камеру высева-

ющего аппарата. Высевающий аппарат содержит перекрывающую заслонку 18 над двухуровневым сошником 19. Высевающий диск в нижней части (рисунок 2) снабжен патрубком 20 для сдува семян 21 с отверстия 6 диска 5.

Во время работы высевающего аппарата семена из семенного бункера самотеком поступают через приемную камеру к отверстиям высевающего диска. Воздуховод в нижней части разделен на два патрубка. Один создает разрежение в камере, где семена присасываются к отверстиям, высевающего диска, далее в нижней части высевающего диска присосавшее к отверстиям семя выходит за пределы зоны действия вакуума, а установленный в нижней части высевающего диска патрубок воздушным потоком сдувает семя и ускоряет падение его в борозду.

Другой патрубок воздуховода, выполненный гибким, в виде вакуум транспортера, присасывает семена, расположенные у разгрузочного окна, где в процессе работы они постоянно накапливаются. Семена посредством патрубка с помощью вентилятора, отправляются обратно в семенной бункер через отверстия.

При использовании в бункерах под частями задвижек и заслонки в двухуровневом сошнике, приводимыми в движение дистанционно, возможен переход от одной культуры на другую без остановки агрегата.

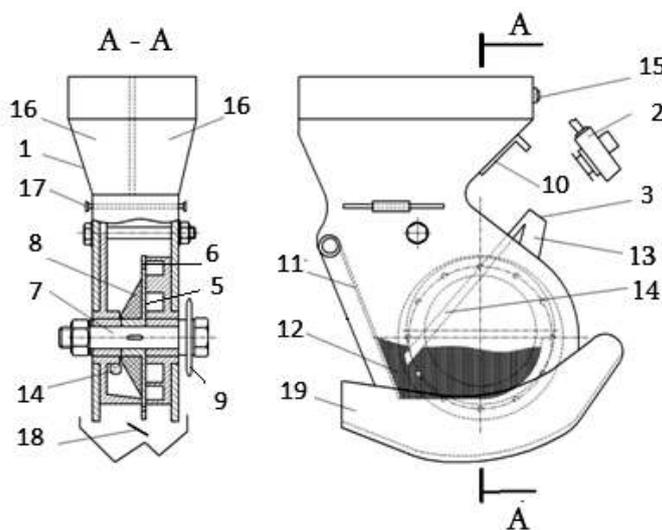
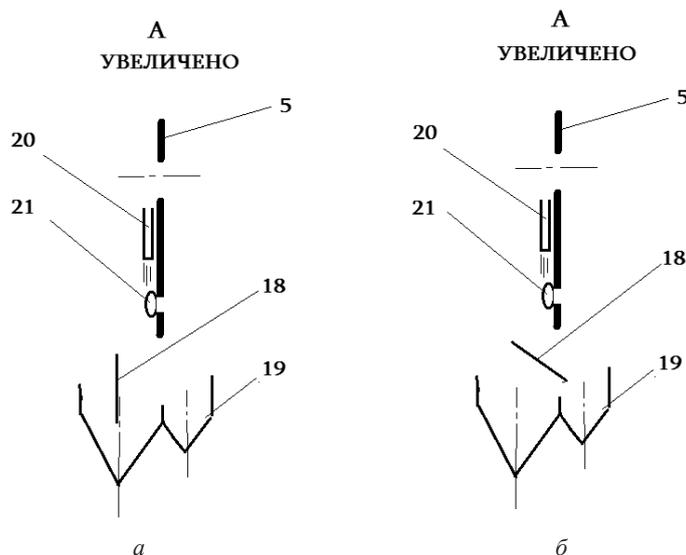


Рисунок 1. – Пневматический высевающий аппарат с регулятором подачи семян



а – высев семян одной культуры; б – другой культуры

Рисунок 2. – Регулятор высева семян

Управляя дистанционно и одновременно из кабины трактора задвижками и заслонкой, можно перекрывать части бункера и сошника в любой последовательности, что позволяет получить различные варианты размещения семян двух культур на одной площади, размещать их на разную глубину и получить урожай двух культур на одной площади без дополнительных затрат.

Предлагаемый пневматический высевательный аппарат с регулятором подачи семян, улучшает конструкцию, делая его более универсальным, маневренным, сокращает рабочее время на получение урожая двух культур с одной площади, снижает эксплуатационные затраты на 10-15%.

На рисунке 3 представлено пневматическое высевательное устройство с новыми конструктивными изменениями системы высева, включающее семенной бункер 1, разделенный перегородкой 2 на две части, воздуховод 3, вентилятор (не показан), камеру разрежения 4, выполненную в виде дуги со щелями 5 по бокам, высевательный диск содержит ступицу 6 с жестко закрепленными к ней двумя круглыми пластинами 7 с отверстиями 8 в виде усеченного конуса, и, установленный на оси 9, с возможностью демонтажа, приводную звездочку 10 на той же оси. Два патрубка 11 подвода воздуха с углом рассева 80-90° и рассеивающей частью патрубка длиной 100-120 мм расположены над осью 9. Пластины 7 снабжены магнитными накладками перекрытия отверстий.

Во время работы высевательного устройства семена из двух частей семенного бункера под действием силы тяжести поступают к отверстиям с внешней стороны пластин. Вентилятор работает в двух режимах: с одной стороны, создает вакуум в камере разрежения, а с другой – подает воздух в патрубки. Благодаря дугообразной форме камеры, через щели семена двух культур присасываются к отверстиям пластин, остальные двигаются вертикально вниз, где на них воздействует воздушный поток от патрубка подвода воздуха, семена удерживаются во взвешенном состоянии в зоне отверстий в верхней части пластин, одновременно удаляются лишние, присосавшиеся к отверстиям.

Далее, высевательный диск с присосавшимися семенами в нижней части пластин, выходит за пределы зоны действия камеры разрежения и семена падают на дно борозды. Пластины установлены с возможностью демонтажа для замены другими – с новыми параметрами и различным количеством отверстий. Магнитные накладки перекрывают отверстия, и без замены высевательного диска можно регулировать количество высеянных семян на погонном метре.

Снижение уровня механического повреждения высеваемых семян, достигается благодаря технологическому исключению из конструкции высевательного аппарата ворошилки семян, назначение которой заключается, во-первых, в перемешивании семян, накопившихся в нижней части высевательного аппарата для предотвращения их склеивания, во-вторых, в перемещении

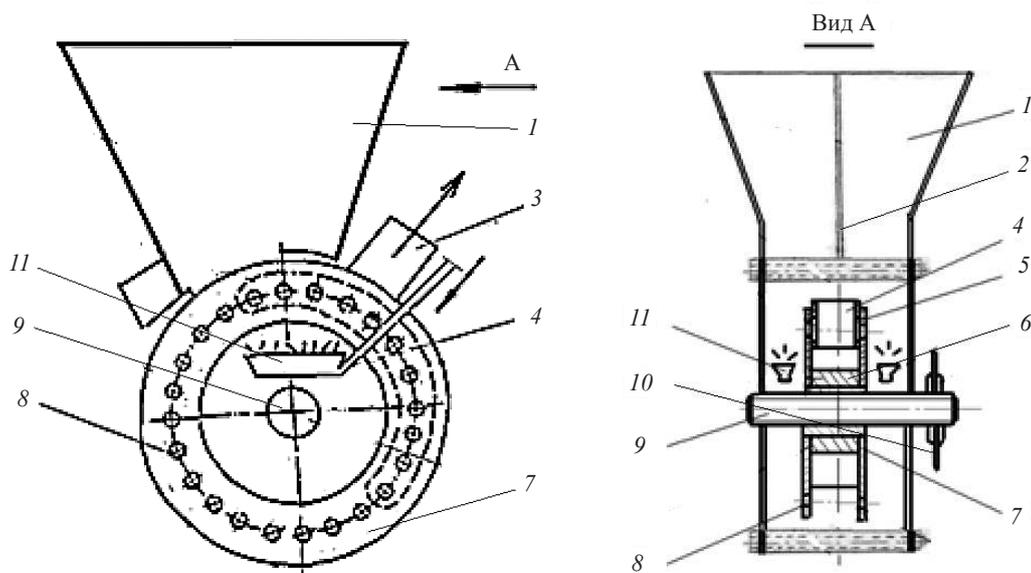


Рисунок 3. – Схема пневматического высевательного устройства в двух проекциях

семян в зону их присасывания к отверстиям высевашеющего диска. При предложенном конструктивном решении повреждение семян доводится до минимального значения или практически нивелируется путем исключения на них внешнего механического воздействия.

Преимущества инновационного технического решения: снижается материалоемкость и упрощается конструкция высевашеющих аппаратов, повышается эксплуатационная надежность устройства, возможен одновременный качественный высеv семян двух различных культур при совмещенных посевах (производительность повышается в 1,5 раза) использование магнитных накладок позволяет применять различные схемы посева.

Литература

1. Ахалая, Б. Х. Механизация и автоматизация рабочих процессов обработки почвы и посева / Б. Х. Ахалая, Ю. Х. Шогенов // Российская сельскохозяйственная наука. – 2017. – № 2. – С. 59–62.
2. Ахалая Б. Х. Технологические возможности и технические решения производства экологически чистых и сбалансированных кормов: Сб. научн. труд. Т. 142. Ч. 1. – М.: ВИМ, 2002. – С. 89–94.
3. Ахалая Б. Х., Шогенов Ю. Х., Старовойтов С. И., Гайко О. А. Универсальное пневматическое высевашеющее устройство точного посева семян совмещенным способом // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса: Сб. науч. трудов XII Междунар. научн.-практ. конф. – Ростов-на-Дону, ДГАТУ, 2019. – С. 187–190.
4. Мерзляков А. А., Сизов О. А., Пугачев П. М., Оценки рационального количества термоподвесок при силосном хранении зернопродуктов // Экология и сельхоз техника: Сб. научн. труд VI Междунар. науч.-практ. конф. II Т.–СПб., 2009. – С. 260–265.
5. Пат. на полезную модель № 169857 МПК АО1С 7/04. Пневматическое высевашеющее устройство / Ахалая Б. Х. // Бюл. №10.2017.
6. Пат. на полезную модель № 163569 МПК АО1С 7/04. Пневматический высевашеющий аппарат с регулятором подачи семян / Ахалая Б. Х., Текушев А. Х., Потапов А. В., Рухая З. И. // Бюл., 2016. – № 21.
7. Ахалая Б. Х., Пехальский И. А., Текушев А. Х., Сулейманов М. И. Совершенствование процесса точного посева семян пневматической сеялкой // Система технологий и машин для инновационного развития АПК: Сб. научн. тр. Междунар. науч.-технич. конф. – М.: ВИМ. 2013. – С. 318–319.
8. Сизов О. А., Текушев А. Х., Сулейманов М. И. Анализ конструкций пневматических высевашеющих аппаратов // Инновационные машинные технологии АПК России на базе интеллектуальных машинных технологий: Сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф. – М.: ФГБНУ ВИМ, 2014.– С. 130–133.

УДК 631.358

Поступила в редакцию 02.07.2019
Received 02.07.2019

Б. Х. Ахалая¹, к. т. н., вед. науч. сотр., **С. И. Старовойтов¹**, д. т. н., вед. науч. сотр.,
С. А. Квас¹, инженер, **А. С. Золотарев¹**, мл. науч. сотр., **О. А. Гайко¹**, инженер,
Л. С. Адамия², аспирант

¹*Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,
г. Москва, Российская Федерация,
e-mail: badri53@yandex.ru*

²*Росинформагротех,
Московская область, Российская Федерация*

ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИЙ АГРЕГАТ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Впервые проведена работа по созданию комбинированного почвообрабатывающего агрегата, работающего пульсирующим действием сжатого воздуха. Предложен новый метод обработки почвы, использующий вместо механического воздействия на почву способ обработки почвы пульсирующим потоком сжатого воздуха. При котором, сплошная и полосная обработка почвы на установочную глубину проводится пульсирующим ударом сжатого воздуха разрушительного действия, к тому же полосная обработка почвы проводится одновременно с культивацией и щелеванием [1-3].

Ключевые слова: почва, агрегат, сжатый воздух, щелеватель, наконечник.

¹*Federal Research Agroengineering Center VIM,
Moscow, Russian Federation,
e-mail: badri53@yandex.ru,*

²*Rosinformagrotekh,
Moscow region, Russian Federation*

SOIL TREATMENT UNIT FOR ALTERNATIVE SOIL TREATMENT

First, work was carried out to create a combined soil-cultivating unit operating with the pulsating action of compressed air, a new method of tillage was proposed, in which instead of a mechanical impact on the soil a method of treating the soil with a pulsating stream of compressed air was proposed. In which the continuous and band tillage of the soil to the installation depth is carried out by a pulsating blow of compressed air of destructive action, moreover, the strip tillage is carried out simultaneously with cultivation and cleavage.

Keywords: soil, aggregate, compressed air, splitter, tip.

Известно, что механическое рыхление почвы требует большого тягового усилия, при ежегодной механической обработке с глубоким рыхлением страдает сама структура почвы и ухудшается экология среды. Ежегодный вынос питательных веществ из почвы в нашей стране вследствие сельскохозяйственной деятельности в ряде регионов до 3-х раз превышает их возврату с вносимыми в почву удобрениями и послеуборочными растительными остатками.

Передовые аграрные страны уже давно и успешно используют безпахотную технологию. Очевидно, что этот метод безотвальной обработки почвы во многих странах стал основным при производстве сельскохозяйственных культур, в первую очередь зерновых и бобовых.

По результатам проведенных исследований фермерских хозяйств, урожайность культур, выращиваемых по традиционной технологии, уменьшилась в течение 10 лет приблизительно на 5–15% (в зависимости от культуры), в то время, как за этот же период при использовании безотвальной обработки, она увеличилась на 5–20%. Кроме того, существенно уменьшаются затраты на средства защиты растений и удобрения. Экономия может составить от 30% до 50% по сравнению с традиционной технологией возделывания в течение примерно одинакового периода времени.

В России, с внедрением этого прогрессивного и эффективного способа обработки земли обстоят дела пока не очень хорошо. Но есть надежда, что наша страна займет достойное место в ряду государств, использующих новые передовые методы ведения сельского хозяйства [4-6].

Цель данной разработки – повышение качества обработки, улучшающая плодородие почвы и экологию окружающей среды, увеличение производительности за счет роста скорости агрегата.

Почвообрабатывающий агрегат альтернативной обработки почвы (рисунок 1) содержит три секции, первая 1 и третья 2 из которых складывающиеся, вторая 3 секция – базовая – выполнена со сницей 4, опорными 5 и транспортными 6 колесами и баллоном 7 сжатого воздуха. Каждая секция 1, 2 и 3 выполнена в виде двух рам, передние 8 из которых – с шестью, а задняя рама второй секции с семью серповидными щелевателями 9 установленными под острым углом к горизонтальной поверхности и выполненными со встроенными в них пневмотрубками 10 с наконечниками 11 с возможностью импульсного действия сжатого воздуха в противоположную сторону движения агрегата, при этом серповидные щелеватели шарнирно закреплены на раме с возможностью смещения в вертикальной и горизонтальной плоскостях. На задних рамах 12 секций 1, 2 и 3 на кронштейнах закреплены игольчатый измельчитель 13 и зубовая борона 14 с рабочей глубиной меньшей глубины импульсного действия сжатого воздуха. Ширина захвата измельчителя 13 и бороны 14 второй секции, с учетом перекрытия, больше ширины захвата первой и третьей секции, диаметр и длина пневмотрубок 10, по крайней мере, не больше ширины и длины серповидного щелевателя 9.

Каждая пневмотрубка 10 снабжена отдельным микрорессивером 15, подсоединенным к пневмотрубке 10 с помощью пневмоэлектрклапана 16. Каждый микрорессивер 15 имеет устройство изменения объема, например, поршень 17, перемещаемый внутри цилиндра 18 с помощью винтового механизма 19. В зависимости от физико-механических свойств почвы производится

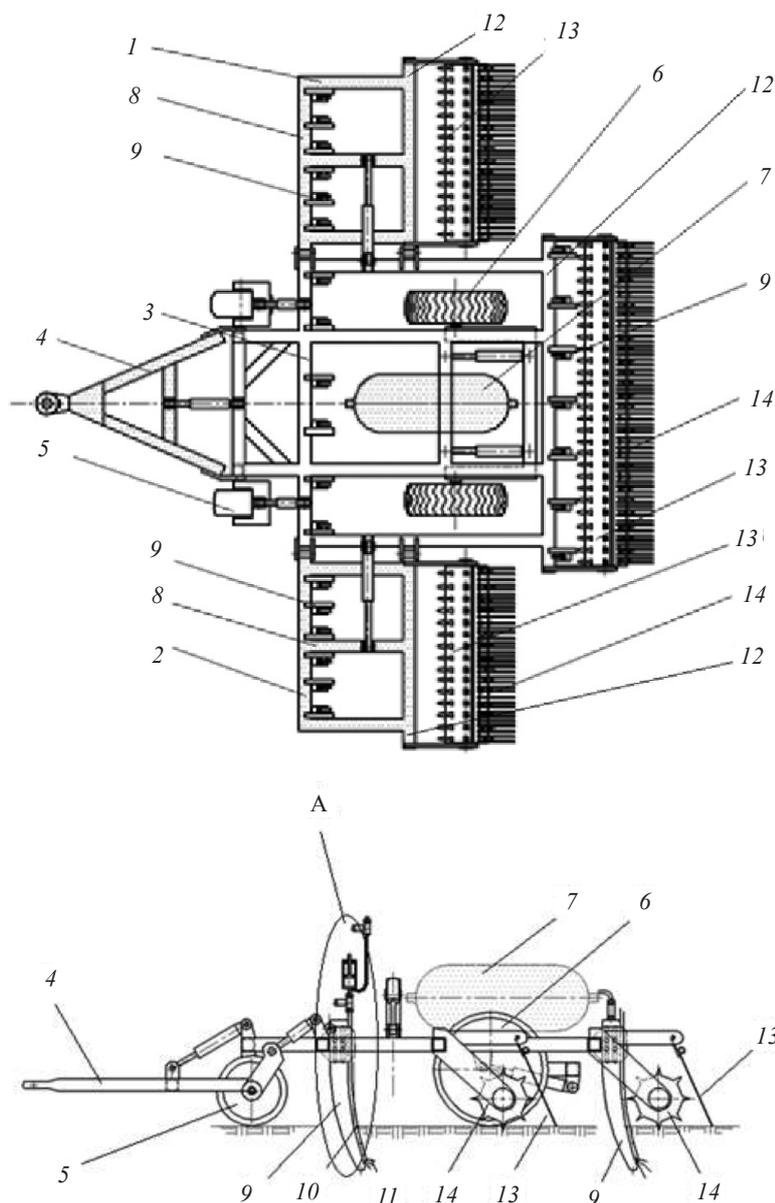


Рисунок 1. – Почвообрабатывающий агрегат альтернативной обработки почвы

предварительная установка требуемого объема сжатого воздуха в микрорессивере 15 с помощью винтового механизма 19. По команде системы управления заправка микрорессиверов 16 сжатым воздухом большого давления перед очередным импульсным воздействием на почву производится из баллона 7 через общую заправочную магистраль за счет кратковременного открытия пневмоэлектрклапанов 20. Постоянное рабочее давление в баллонах 7 поддерживается компрессором (не показан).

Из-за бесперебойной работы предложенного агрегата его скорость больше скорости устройства по прототипу, т. к. последний работает циклично.

Почвообрабатывающий агрегат альтернативной обработки почвы работает следующим образом.

При движении агрегата серповидные щелеватели, закрепленные на передних рамах трех секций и на задней раме средней секции разрезают почву в вертикальной плоскости.

Компрессор поддерживает постоянное давление сжатого воздуха в баллоне. При открытии пневмоэлектрклапанов (рисунок 2) происходит заполнение всех микрорессиверов трех секций (трубопроводы не показаны) сжатым воздухом высокого давления.

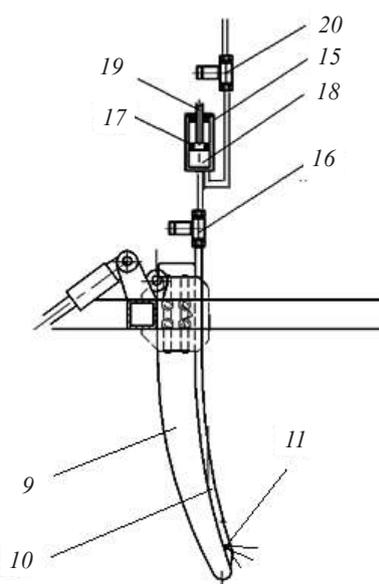


Рисунок 2. – Щелеватель с системой пуска импульсов сжатого воздуха

После их заполнения пневмоэлектроклапаны закрывают и отсекают их от общей заправочной магистрали. Таким образом, все микрорессиверы оказываются подготовленными для подачи малообъемного импульса через пневмотрубки. По команде системы управления производится срабатывание пневмоэлектроклапанов, обеспечивающих подачу сжатого воздуха большого давления из микрорессиверов в пневмотрубки. Далее поток сжатого воздуха из наконечников направляется под острым углом к горизонтальной поверхности против движения агрегата в грунт и происходит импульсное воздушное рыхление почвы. После чего цикл повторяется.

Игольчатые измельчители, расположенные за серповидным щелевателем со встроенными пневмотрубками, измельчают почву, а зубовая борона завершает обработку почву выравнивая поверхность.

Наличие серповидного щелевателей облегчает работу пневмотрубок и позволяет беспрепятственно и более эффективно обрабатывать почву.

Поэтому, при сплошной обработке почвы, соседние импульсные ряды потоков размещаются на расстоянии, не превышающем двух радиусов действия импульсов сжатого воздуха,

поскольку сумма двух радиусов (диаметра) импульса равняется межрядковому расстоянию обработки почвы, это позволяет качественно обработать почву по всему периметру обрабатываемой площади без появления необработанных участков, без разваленных борозд и свальных гребней.

Для полосной обработки, при той же глубине, ширина необработанной полосы, по крайней мере, меньше на величину двух радиусов действия импульсов, т. е. чем меньше радиус действия импульса, тем больше ширина необработанной полосы в междурядьях, при этом одновременно проводится культивация и щелевание на глубину в 1,5 раза превышающую глубину культивации, что позволяет улучшить водо-воздушный режим в почве.

Почвообрабатывающий агрегат альтернативной обработки почвы, за один проход проводит щелевание почвы в вертикальной плоскости на установочную глубину, разрушает пласт почвы пульсирующими ударами сжатого воздуха, проводит рыхление и выравнивание поверхности.

Выполнение почвообрабатывающего агрегата альтернативной обработки почвы трехсекционным со складывающимися боковыми секциями позволяет менять ширину захвата.

Применение разработанного устройства позволит улучшить качество обработки почвы, а также улучшить экономическую и экологическую обстановку и увеличить производительность агрегата.

Литература

1. Пат. РФ № 2679736. Почвообрабатывающий агрегат альтернативной обработки почвы / Измайлов А. Ю., Лобачевский Я. П., Ахалая Б. Х., Шогенов Ю. Х. – Оpubл. 12.02. 2019, Бюл. № 5.
2. Пат. РФ № 2679735. Агрегат для обработки почвы пульсирующим сжатым воздухом / Измайлов А. Ю., Лобачевский Я.П., Ахалая Б.Х., Шогенов Ю.Х. – Оpubл. 12.02. 2019, Бюл. № 5.
3. Пат. РФ № 2678071 РФ. Способ обработки почвы пульсирующим сжатым воздухом / Измайлов А. Ю., Лобачевский Я. П., Ахалая Б. Х., Шогенов Ю. Х. // Бюл. №3. 2019.
4. Измайлов А. Ю. Лобачевский Я.П. Система машин и технологий для комплексной механизации и автоматизации сельскохозяйственного производства на период до 2020 года // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2013. – № 6. – С. 6–10.
5. Система земледелия Краснодарского края на агроландшафтной основе. – Краснодар, коллектив авторов, 2015. 352 с.
6. Старовойтов С. И., Блохин В. Н., Чемисов Н. Н. О выборе идеальной модели почвы / Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. Сборник научных трудов. Брянск: Издательство Брянской ГСХА, 2011. С. 66–70.

П. И. Гриднев, д. т. н., **Т. Т. Гриднева**, к. т. н.

*Институт механизации животноводства – филиал ФГБНУ
«Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»,
г. Москва, Российская Федерация,
e-mail: vniimzh213@list.ru*

НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ УБОРКИ НАВОЗА ИЗ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ

На основании результатов теоретических и экспериментальных исследований процессов транспортирования навоза при привязном и беспривязном содержании КРС, обоснованы конструктивные решения, созданы опытные образцы штангового транспортёра и скреперной установки с гидравлическим приводом тягового контура. По результатам Государственных приёмочных испытаний созданные технические средства рекомендованы в производство.

Ключевые слова: навоз, скребковые и штанговые транспортёры, скреперная установка.

P. I. Gridnev, doctor of technical sciences,
T. T. Gridneva, candidate of technical sciences

*Institute of livestock mechanization – the filial of FGBNU “Federal research agroengineering center VIM”,
Moscow, Russian Federation,
e-mail: vniimzh213@list.ru*

NEW TECHNICAL MEANS FOR LIVESTOCK PREMISES' MANURE CLEANING

Based on the theoretical-and-experimental studies of manure transportation processes at tied and tied free cattle keeping's results the constructive solutions were justified. The prototypes of rod conveyor and scraper installation with hydraulic drive of the traction circuit were created. According to the State acceptance tests' results, the created technical means for industrial producing are recommended.

Keywords: manure, scraper and rod conveyors, scraper installation.

В России при привязном содержании крупного рогатого скота в большинстве случаев для уборки навоза применяются скребковые транспортёры типа ТСН.

Технический уровень машин для уборки навоза имеет особенное значение для привлекательности труда обслуживающего персонала поскольку их обслуживание и ремонт приходится выполнять в крайне неблагоприятных для здоровья человека условиях. В этой связи следует отметить, что транспортёры типа ТСН всех моделей и модификаций по существу не отвечают современным требованиям по гигиенической и санитарной безопасности. Нарботка на отказ у этого типа транспортёров не превышает 50 часов, ежесменное техническое обслуживание составляет не менее 0,5 часов, процесс уборки навоза осуществляется при условии присутствия оператора, срок службы не превышает 5 лет. В процессе эксплуатации зачастую наблюдается нарушение режима уборки в зонах обводных блоков, не исключается применение ручного труда в выполнении процесса, особенно в случаях использования длинно-стебельчатых кормов или подстилки. Траектория перемещения навоза к точке выгрузки не рациональная, не исключается возможность перегрузки тягового контура и выброса навоза из канала на проход или в стойла [1–3].

Практически все негативные моменты скребковых транспортёров типа ТСН устранены в предложенной конструкции штанговых транспортёров, рис. 1. Новый штанговый транспортёр обеспечивает транспортировку навоза к точке выгрузки кратчайшим путем, что как минимум в 2 раза сокращает максимальную нагрузку на тяговый контур, надёжно выполняет процесс

уборки любого типа навоза как бесподстилочного, так и подстилочного, в том числе и при использовании длинноволокнистой подстилки. При работе транспортёра не требуется присутствия оператора, а, следовательно, можно осуществлять данную операцию по заданной программе в автоматическом режиме. При использовании гидравлического привода от одной станции может осуществляться привод до четырех контуров, т.е. процесс уборки навоза может происходить последовательно из восьми каналов. Таким образом, количество используемых электроприводов может быть сокращён до четырех раз.

Предлагаемые технические решения по приводу тягового контура, конструкции тягового контура и скребков, позволят обеспечить наработку на отказ не менее 700 часов, срок службы до 20 лет, коэффициент готовности 0,99. Общий вид узлов и сравнительные технико-экономические показатели штангового транспортёра для уборки навоза представлены на рис. 1

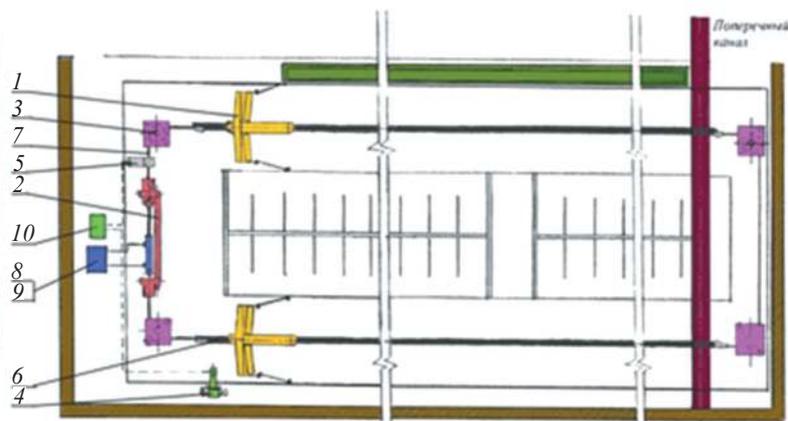
Установлено, что при привязном содержании КРС целесообразно взамен транспортёров типа ТСН или шнековых использовать штанговые транспортёры с гидравлическим приводом, которые по основным технико-экономическим показателям значительно превосходят отечественные и зарубежные аналоги, [6].

На ферме с поголовьем 100 коров суточный объём работ по удалению навоза транспортёром типа ТСН-160 равен 428,0 т·м, шнековым – 487,4 т·м, а штанговым – 209,8 т·м, из-за сокращения пути транспортирования навоза к точке выгрузки. Установленная мощность привода у штангового транспортёра составляет 1,5 кВт, а у шнекового – 8 кВт. Практически в таких же соотношениях находится и стоимость технических средств, а вот наработка на отказ штангового транспортёра практически сравнима со шнековым, соответственно 700 против 800 часов. Максимальная полнота захвата навоза скребковыми транспортёрами достигается при 50% степени заполнения канала, шаге расстановки скребков равном 1 м и составляет 89%, при шаге расстановки скребков 1,5 метра отмечается минимальная полнота захвата, которая не превышает 65%. Объясняется такая зависимость увеличением доли навоза, переваливаемого через скребок в процессе транспортирования его по каналу. При шаге расстановки скребков 0,5 м достигается максимальная производительность штангового транспортёра равная 7,3 т/ч.



Показатели	Марка транспортёра		
	ТСН-160	штанговый	КШТ-Ф-100
Производительность, т/ч	4,5	4,8	4,6
Установленная мощность электропривода, кВт	4,0	1,5	8,0
Нарботка на отказ, час	55,1	800,0	800,0
Длина солоmistых частиц подстилки, см	20,0	не ограничена	5,0
Суточный объём работ по удалению навоза от 100 коров, т·м	428,0	209,8	487,4
Масса с приводом, кг	1415,0	800,0	2411,0

Рисунок 1. – Общий вид узлов и сравнительные технико-экономические показатели штангового транспортёра для уборки навоза



1 – скрепер; 2 – станция приводная; 3 – блок поворотный; 4 – механизм концевого выключателя; 5 – датчик натяжения тягового контура; 6 – лента; 7 – гибкий элемент тягового контура; 8 – гидростанция; 9 – магистраль гидравлическая в сборе; 10 – шкаф управления

Рисунок 2. – Схема размещения и общий вид скреперной установки с гидравлическим приводом

Серийно выпускаемые скреперные установки для уборки навоза при беспривязном содержании животных имеют цепной тяговый контур и, за счёт этого, высокую удельную металлоёмкость. Возвратно-поступательное перемещение скрепера осуществляется путём реверсирования привода, что затрудняет управление процессом уборки навоза, в частности изменением длины рабочего хода с целью сокращения энергоёмкости процесса. Каждый тяговый контур имеет свой индивидуальный привод. Процесс уборки навоза не может осуществляться в автоматическом режиме по заданной программе, что крайне актуально при использовании скреперных установок на молочных фермах, когда интервалы между уборками должны быть не более 4 часов. Предложенная ИМЖ – филиалом ФГБНУ ФНАЦ ВИМ гидрофицированная скреперная установка лишена этих негативных моментов, рис. 2. Тяговый контур её при длине 75 м состоит из полосы 50×5 и за счёт этого удельная металлоёмкость, по сравнению с серийными отечественными и лучшими зарубежными аналогами, сокращена как минимум на 30–36%. Установка работает в автоматическом режиме по заданной программе. От одной гидравлической станции осуществляется привод до четырёх контуров, то есть количество электрифицированных приводов сокращается до четырёх раз. Тяговый контур совершает возвратно-поступательное движение с регулируемой длиной хода, реверс скрепера происходит автоматически в крайних точках и легко может быть осуществлён вручную в любой точке канала.

По результатам экспериментальных исследований установлено, что максимальная величина потребляемой мощности привода скреперной установки составляет 1,65 кВт при ширине канала 3400 мм. Влажность убираемого навоза в пределах 92–96% не оказывает достоверного влияния на потребляемую мощность привода. При ширине канала 3400 мм, влажности навоза 96%, интервале между уборками 4 часа максимальная производительность скреперной установки составляет 4,5 т/ч.

Таким образом, на основании результатов теоретических и экспериментальных исследований созданы высокоэффективные технические средства для уборки навоза при привязном и беспривязном содержании животных. Новизна предложенных технических решений защищена рядом патентов на изобретения, [4–7]. Эффективность и надёжность созданных технических средств подтверждена результатами Государственных приёмочных испытаний, [8, 9]. Указанные технические средства позволяют получать на выходе с фермы навоз с содержанием сухого вещества более 10%.

Литература

1. Гриднев П. И., Гриднева Т. Т. Концепция развития технологий и технических средств для уборки и подготовки навоза к использованию при производстве органической продукции животноводства / Фундаментальные и при-

кладные аспекты кормления сельскохозяйственных животных; материалы международной научно-практической конференции. ФАНО России, ФГБНУ ВИЖ. Дубровицы. 2018. С. 67-70.

2. Методические рекомендации по проектированию систем удаления, обработки, обеззараживания, хранения и утилизации навоза и помёта. РД-АПК 3.10.15.01-17. М. 2017. 153 с.

3. Гриднев П. И., Гриднева Т. Т., Спотару Ю. Ю. Ресурсосберегающие экологически безопасные системы утилизации навоза / LAP LAMBERT Academic Publishing. 2016. 97 с.

4. Гриднев П. И., Карпов А. В., Карпов В. П. Механизм перемещения устройства для уборки навоза в животноводческих помещениях // Патент России № 2402201. 27.10.2010. Бюл. № 30.

5. Гриднев П. И., Карпов В. П. Механизм реверса устройства для уборки навоза в животноводческих помещениях / Патент России № 2290789. 10.01.2007. Бюл. № 1.

6. Шведов А. А., Гриднев П. И., Гриднева Т. Т., Спотару Ю. Ю. Устройство для уборки навоза // Патент России № 2622725. 19.06.2017. Бюл. № 17.

7. Гриднев П. И., Гриднева Т. Т., Шведов А. А. Устройство для уборки навоза // Патент России № 2555831. 10.07.2015. Бюл. № 8.

8. Протокол № 09-8409 (4020373) приёмочных испытаний гидрофицированной скреперной установки СГ-2. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. ФГУ «Подольская государственная зональная машиноиспытательная станция». Климовск. 2009.

9. Протокол № 09-01-17 приёмочных испытаний штангового транспортёра для уборки навоза ТШ-1. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. ФГУ «Подольская государственная зональная машиноиспытательная станция». Климовск. 2017.

УДК 636.2.085.55-026.772

Поступила в редакцию 10.08.2019
Received 10.08.2019

**В. Ф. Радчиков¹, Т. Л. Сапсалева¹, В. И. Передня²,
Е. Л. Жилич², В. А. Люндышев³, В. И. Карповский⁴,
В. А. Трокоз⁴, М. М. Брошков⁵**

¹РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству»,
г. Жодино, Республика Беларусь,
e-mail: labkrs@mail.ru

²РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь,
e-mail: npc_mol@mail.ru

³УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь,
e-mail: lion.vlad1959@mail.ru

⁴Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины,
г. Киев, Украина,
e-mail: labkrs@mail.ru

⁵Международный гуманитарный университет,
г. Одесса, Украина

ПОВЫШЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ МОЛОДНЯКА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ПУТЁМ СКАРМЛИВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ДОБАВКИ

Скармливание молодняку крупного рогатого скота комбикормов с включением 0,1% биологически активной добавки «Кормомикс» оказывает положительное влияние на переваримость питательных веществ кормов: повысилась переваримость сухого и органического веществ соответственно – на 4,8 и 4,0 п. п., БЭВ – на 3,3, жира – на 0,7, протеина – на 3,7; клетчатки на 6,8 процентных пунктов, что позволило получить 924 г прироста живой массы в сутки или на 5,1% выше контрольного показателя при снижении затрат энергии на прирост – на 4,3% и кормов – на 2,5%, снизить себестоимость продукции выращивания на 3,3%.

Ключевые слова: бычки, корма, комбикорм, биологически активная добавка, переваримость, состав крови, продуктивность, себестоимость

V. F. Rafchicov¹, T. L. Sapsaleva¹, V. I. Perednya², E. L. Zilich², V. A. Lundushev³,
V. I. Karpovski⁴, V. A. Trokoz⁴, M. M. Broshkov⁵

¹RUE «Scientific Practical Centre of Belarus National Academy of Sciences on Animal Breeding»,
Zhodino, Belarus,
e-mail: labkrs@mail.ru

²RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»,
e-mail: npc_mol@mail.ru

³EI «Belarusian State Agrarian Technical University»,
Minsk, Belarus,
e-mail: lion.vlad1959@mail.ru

⁴National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
Kiev, Ukraine,
e-mail: labkrs@mail.ru

⁵Odessa State University,
Odessa, Ukraine,
e-mail: labkrs@mail.ru

INCREASING PRODUCTIVITY OF YOUNG LARGE CATTLE BY FEEDING BIOLOGICALLY ACTIVE ADDITIVE

Feeding of young cattle of mixed fodders with inclusion of 0.1% of biologically active additive “Kormomix” has a positive effect on digestion of fodder nutrients: the digestion of dry and organic substances increased by 4.8 and 4.0 cl., BEV – by 3.3, fat – by 0.7, protein – by 3.7; Fiber by 6.8 percentage points, allowed to obtain 924 g of live mass growth per day or by 5.1% higher than the control indicator with reduction of energy costs for growth – by 4.3% and fodder – by 2.5%, to reduce the cost of cultivation products by 3.3%.

Keywords: bulls, fodder, combine, biologically active additive, transportability, blood composition, productivity, prime cost.

Введение

Увеличение производства молока и мяса во многом зависит от кормления животных рационами, сбалансированными по всем питательным, минеральным и биологически активным веществам [1–4].

Корма в структуре затрат на продукцию выращивания крупного рогатого скота занимают более 60%, поэтому они играют основную роль в себестоимости прироста. Отсюда следует, что кормовой фактор является одним из основных определяющих показателей продуктивности животных, эффективности использования кормов и рентабельности производства продукции [5–7].

Для интенсификации отрасли скотоводства необходимо не просто увеличить объемы производства кормов, но и повысить в сухом веществе рациона концентрацию обменной энергии, протеина и других питательных веществах [8–10].

Одной из причин низкого использования корма является недостаточно полное переваривание его в пищеварительном аппарате животных. Это относится, главным образом, к кормам растительного происхождения, что объясняется содержанием в них сложных полисахаридных комплексов, в частности, целлюлозы [11, 12]. Как известно, около одной трети органического вещества, поступающего в организм с кормом, обычно не переваривается животными. Снижение этих потерь только на 2–3% позволяет получить сотни тонн дополнительной продукции. Одним из путей решения этой задачи, как указывают многочисленные литературные данные, является добавление в корм животным ферментных препаратов микробного происхождения. Особенно актуально применение биологически активных веществ в тех случаях, когда рационы не соответствуют получению высоких приростов и не сбалансированы по энергии и протеину [13, 14].

Таким образом, ферменты играют исключительно важную роль в обменных процессах любого биологического организма и, тем самым, могут с успехом использоваться в лечении различных болезней, а также для стимуляции пищеварительных процессов. Использование ферментных препаратов является одним из технологических приемов направленного влияния на процессы, определяющие продуктивное действие кормов, что позволяет при относительно небольших затратах повысить продуктивность животных и получить более конкурентоспособную продукцию.

Цель исследований

Установить эффективность использования биологически активной добавки «Кормомикс» в кормлении молодняка крупного рогатого скота, влияние её на переваримость, усвоение питательных веществ кормов и продуктивность животных.

Основная часть

Для решения поставленной цели проведены научно-хозяйственный и физиологический опыты по определению эффективности скармливания биологически активной добавки «Кормомикс» молодняку крупного рогатого скота.

Опыты проводились на двух группах животных. Различия в кормлении заключались в том, что в научно-хозяйственном и физиологическом опытах молодняку II опытной группы скармливали биологически активную добавку «Кормомикс», путем равномерного внесения и последующего тщательного перемешивания в дозе 1000 г на 1 т комбикорма.

В опытах определяли:

– поедаемость кормов рационов путем проведения контрольного кормления каждые 10 дней;
– продуктивность выращиваемого молодняка путем проведения ежемесячных индивидуальных контрольных взвешиваний с последующим расчетом на основании полученных данных валового и среднесуточных приростов, а также затрат кормов на получение прироста.

Физиологический опыт проведен на молодняке крупного рогатого скота в возрасте 12–13 мес. Основными кормами рациона являлись кукурузный силос и комбикорм КР-3.

Результаты исследований

На основании потребления питательных веществ кормов и выделения их с продуктами обмена рассчитаны коэффициенты переваримости (таблица 1).

Таблица 1. – Переваримость питательных веществ, %

Показатель	Группа	
	I	II
Сухое вещество	63,3±1,2	68,1±1,8
Органическое вещество	66,5±1,1	70,5±1,7
БЭВ	70,9±1,1	74,2±1,9
Жир	73,3±3,8	74,0±2,8
Протеин	68,4±3,0	72,1±1,0
Клетчатка	52,8±1,5	59,6±2,9

В результате расчета переваримости питательных веществ установлено, что животные опытной группы значительно превосходили сверстников из контрольной по всем показателям. Так, переваримость сухого и органического веществ рационов опытной группы оказалась выше соответственно на 4,8 и 4,0 п.п., БЭВ – на 3,3, жира – на 0,7, протеина – на 3,7; клетчатки на 6,8 п.п., что указывает на высокую активность целлюлозолитических ферментов позволивших повысить переваримость клетчатки.

По усвоению азота также отмечены значительные различия между подопытными животными (таблица 2).

Разность в потреблении с кормом этого элемента незначительная, на 3,5 г выше в опытной. Выделение с калом ниже в опытной на 9%, в результате отложено элемента в теле животных на 3,5% больше.

При скармливания Кормомикса по использованию кальция и фосфора подопытными бычками также имелись различия (таблица 3). Так, животные опытной группы на 7% потребление его меньше, однако усвоение его из корма было выше, чем у контрольных бычков на 16%, в результате отложение от принятого составило 20,0% против 11,3% в контроле.

Таблица 2. – **Баланс и использование азота**

Показатель	Группа	
	I	II
Поступило с кормом, г	111,62	114,10
Выделено с калом, г	35,14	31,74
Усвоено, г	76,48	82,35
Выделено с мочой, г	2,70	2,81
Отложено, г	73,78	79,54
Отложено от принятого,%	66	70

Таблица 3. – **Использование кальция и фосфора**

Показатель	Группа	
	I	I
Поступило с кормом, г	35,85	33,34
Выделено с калом, г	31,78	26,68
Усвоено, г	4,07	6,66
Выделено с мочой, г	0,03	0,03
Отложено, г	4,04	6,62
Отложено от принятого,%	11,3	20,0
Отложено от переваренного, г	99	99
Использование фосфора		
Поступило с кормом, г	18,57	18,97
Выделено с калом, г	13,56	12,16
Усвоено, г	5,01	6,81
Выделено с мочой, г	0,04	0,05
Отложено, г	4,97	6,77
Отложено от принятого,%	26,8	35,7
Отложено от переваренного, г	99	99

По использованию фосфора установлена такая же тенденция. Однако поступление его с кормом было у опытных выше незначительно, а выделение с калом ниже в результате, при практически одинаковом выделении фосфора с мочой отложено было в организме на 36,2% больше.

Кровь является зеркалом процессов происходящих в организме животных, указывающих о влиянии скармливаемых кормов на интерьерные показатели (таблица 4).

Таблица 4. – **Гематологические показатели**

Показатель	Группа	
	I	II
Гемоглобин, г/л	8,7±0,38	9,37±0,20
Эритроциты, млн/мм	6,16±0,55	6,55±0,41
Лейкоциты, тыс./мм	17,43±2,03	14,87±2,56
Общий белок, г/л	64,97±0,16	67,83±2,21
Кальций, ммоль/л	2,48±0,23	2,61±0,38
Фосфор, ммоль/л	1,49±0,23	1,39±0,07
Кислотная емкость по Неводову, мг%	380±11,5	353±6,7
Каротин, мг%	0,47±0,02	0,41±0,02
Витамин А, мкг%	1,42±0,06	1,54±0,05
Магний, ммоль/л	0,78±0,08	1,01±0,16
Железо, ммоль/л	24,0±4,0	24,0±4,61
Холестерин, ммоль/л	1,57±0,34	1,73±0,22

Анализ показателей крови установил положительное влияние скармливания добавки на содержание гемоглобина которое, оказалось выше на 7,7% в пределах физиологической нормы

указывая на более интенсивные обменные процессы происходящие в организме опытных бычков. Установлены также повышение количества эритроцитов на 6,3%, и снижение на 14,7% лейкоцитов.

Научно-хозяйственный опыт проведен на молодняке крупного рогатого скота в возрасте 5 месяцев. В результате ежедекадных контрольных кормлений установлен среднесуточный рацион за опыт (таблица 5).

Таблица 5. – Среднесуточный рацион подопытного молодняка

Показатель	Группа			
	I		II	
	кг	%	кг	%
Силос кукурузный	10,92	54,7	11,33	55,7
Сенаж злаково-бобовый	1,51	7,9	1,49	7,6
Комбикорм КР-2	1,50	34,3	1,50	33,7
Зерно кукуруза + овес (50/50)	0,13	3,1	0,13	3,0
Кормовые единицы	4,59		4,68	
Обменная энергия, МДж	52,04		53,09	
Сухое вещество, г	4863,25		4965,92	
Сырой протеин, г	576,22		586,92	
Переваримый протеин, г	376,38		382,99	
Расщепляемый протеин, г	386,48		393,19	
Нерасщепляемый протеин, г	189,74		193,73	
Сырой жир, г	233,67		239,03	
Сырая клетчатка, г	1061,56		1089,25	
БЭВ, г	2711,87		2765,44	
Крахмал, г	723,72		726,83	
Сахара, г	230,61		235,3	
Кальций, г	32,27		32,83	
Фосфор, г	22,65		22,89	
Магний, г	9,58		9,76	
Сера, г	8,12		8,28	
Железо, мг	1022,19		1044,75	
Медь, мг	30,63		30,96	
Цинк, мг	177,04		179,13	
Марганец, мг	223,82		224,55	
Кобальт, мг	1,63		1,63	
Йод, мг	2,91		2,93	
каротин, мг	258,5		266,41	
Д, МЕ	6457,46		6475,26	
Е, мг	613,03		631,57	
Расщепляемость протеина,%	67		66	
Содержание переваримого протеина на 1 МДж ОЭ, г	7,2		7,2	
Содержание переваримого протеина на 1 корм. ед., г	82		82	
Отношение кальция к фосфору	1,4:1		1,4:1	
КОЭ в 1 кг СВ	10,7		10,7	
Сахаропротеиновое отношение	0,6:1		0,6:1	

Рацион подопытных животных состоял из кукурузного силоса на 54,7% в контрольной и на 55,7% в опытной группах и комбикорма соответственно 34,3 и 33,7%, сенажа – 7,9 и 7,6% и по 3% смеси зерна, состоящего в равных частях из кукурузы и овса. Питательность рационов составила в контрольной группе 4,59 корм. ед. и 4,68 корм. ед. в опытной.

На основании проведенных контрольных взвешиваний определена живая масса и рассчитана продуктивность подопытных бычков (таблица 6).

Таблица 6. – Живая масса и продуктивность

Показатель	Группа	
	I	II
Живая масса в начале опыта, кг	124,7 ± 3,05	122,2 ± 3,34
Живая масса в конце опыта, кг	177,4 ± 4,04	177,7 ± 2,74
Валовый прирост, кг	52,7 ± 3,63	55,5 ± 2,01
Среднесуточный прирост, г	879 ± 60,5	924 ± 33,5
± к контролю, г	–	45
± к контролю,%	–	+5,1
Энергия прироста, МДж	10,8	11,6
Конверсия энергии рациона в прирост живой массы,%	5,6	6,1
Затраты обменной энергии а 1 МДж в приросте живой массы, МДж	4,7	4,5
Затраты кормов на 1 кг прироста, корм. ед.	5,21	5,08
± к контролю, корм. ед.	–	–0,13
± к контролю,%	–	2,5

Так, начальная живая масса при постановке на опыт составила 122,2-124,7 кг. В конце опыта живая масса быков составила в контрольной 177,4 и в опытной 177,7 кг. В результате валовой прирост составил к контроле 52,7, в опытной 55,5 кг. За 60 дней опыта среднесуточный прирост в опытной группе составил 924 г или на 5,1% выше контроля. Исследования показали, что по энергии прироста опытная группа оказалась выше контрольной на 7,4%, такая же тенденция сохранилась и по затратам обменной энергии на 1МДж в приросте только в меньшей степени – ниже на 4,3%. Затраты кормов также оказались ниже на 2,5% у молодняка, получавшего комбикорм содержащий биологически активную добавку «Кормомикс».

Конечным этапом оценки эффективности использования кормовой добавки при скармливании животным является определение экономической эффективности.

Исследованиями установлено, что стоимость суточного рациона оказалась больше у молодняка опытной группы, однако себестоимость прироста из-за большей продуктивности бычков снизилась на 3,3%.

Заключение

Использование в кормлении молодняка крупного рогатого скота комбикормов с включением 0,1% биологически активной добавки «Кормомикс» оказывает положительное влияние на переваримость питательных веществ кормов: повысилась переваримость сухого и органического веществ соответственно – на 4,8 и 4,0 п. п., БЭВ – на 3,3, жира – на 0,7, протеина – на 3,7; клетчатки на 6,8 процентных пунктов, что обеспечило повышение прироста живой массы на 5,1% при снижении затрат энергии на прирост – на 4,3%, кормов – на 2,5%, себестоимости полученной продукции – на 3,3%.

Литература

1. Яковчик, С. Г. Мировой опыт интенсификации молочного скотоводства и актуальность его использования в хозяйствах Беларуси : практическое пособие / С. Г. Яковчик, О. Ф. Ганушенко. – Минск : Журнал «Белорусское сельское хозяйство», 2010. – 44 с.
2. Ганушенко, О. Ф. Организация рационального кормления коров с использованием современных методов контроля полноценности их питания : рекомендации / О. Ф. Ганушенко, Д. Т. Соболев; Витебская государственная академия ветеринарной медицины. – Витебск : ВГАВМ, 2016. – 79 с.
3. Выращивание и болезни тропических животных : практическое пособие. Ч. 1 / А. И. Ятусевич [и др.] ; ред. А. И. Ятусевич ; Витебская государственная академия ветеринарной медицины. – Витебск : ВГАВМ, 2016. – 524 с.
4. Повышение продуктивного действия комбикормов при производстве говядины / В. Ф. Радчиков, В. К. Гурин, С. Л. Шинкарева, О. Ф. Ганушенко, И. В. Сучкова // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы : сб. науч. тр. – Гродно : ГГАУ, 2016. – Т. 35: Зоотехния. – С. 144-151.
5. Рациональное использование кормовых ресурсов и профилактик нарушений обмена веществ у животных в стойловый период Славейский В. Б., Ганушенко О. Ф., Пахомов И. Я., Разумовский Н. П., Белко А. А., Макарович Г. Ф.,

Демьянович Е. П., Хитринов Г. М. рекомендации / Учреждение образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины». Витебск, 2002.

6. Пайтеров, С. Н., Богданович, Д. М. Эффективность использования дексаметазона при криоконсервировании эмбрионов крупного рогатого скота / С. Н. Пайтеров, Д. М. Богданович // В сборнике: Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства. Материалы национальной научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня рождения Заслуженного работника высшей школы РФ, Почетного профессора Брянской ГСХА, доктора ветеринарных наук, профессора А. А. Ткачева. 2018. – С. 123–126.

7. Пайтеров С. Н., Богданович Д. М. Эффективность применения раствора мелоксикама в трансплантации эмбрионов крупного рогатого скота / С. Н. пайтеров, Д. М. Богданович // В сборнике: Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства /Материалы национальной научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня рождения Заслуженного работника высшей школы РФ, Почетного профессора Брянской ГСХА, доктора ветеринарных наук, профессора А. А. Ткачева. 2018. – С. 119–122.

8. Влияние минеральных добавок из местных источников сырья на эффективность выращивания молодняка крупного рогатого скота / Кот А. Н., Радчикова Г. Н., Сергучев С. И., Пентилюк С. И., Карелин В. В. // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины. 2010. Т. 46. № 1–2. – С. 157–160.

9. Разумовский, Н. П., Богданович Д. М. Обмен веществ и продуктивность бычков при разном количестве нерасщепляемого протеина в рационе / Научное обеспечение жив-ва Сибири: мат-лы III Междунар. науч.-практич. конф.-Красноярск, 2019. – С. 225–228.

10. Пайтеров С. Н., Богданович Д. М. Эффективность применения раствора мелоксикама в трансплантации эмбрионов крупного рогатого скота / С. Н. пайтеров, Д. М. Богданович // В сборнике: Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства /Материалы национальной научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня рождения Заслуженного работника высшей школы РФ, Почетного профессора Брянской ГСХА, доктора ветеринарных наук, профессора А. А. Ткачева. 2018. – С. 119–122.

11. Экструдированный обогатитель местных источников сырья при кормлении телят / В. К. Гурин, В. Ф. Радчиков, О. Ф. Ганущенко, С. Л. Шинкарева // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства : сб. науч. тр. – Горки, 2013. – Вып. 16, ч. 1. – С. 149–156.

12. Эффективность использования новых вариабельно-возрастных видов заменителей цельного молока при выращивании телят Ганущенко О. Ф., Боброва Л. С., Славецкий В. В. // Зоотехническая наука Беларуси. 2012. Т. 47. № 2. С. 31–40.

13. Ездаков Н. В. Перспективы применения в животноводстве ферментов, разрушающих целлюлозу, гемицеллюлозу и другие полисахариды// Ферментативное расщепление целлюлозы. – М.: Наука, 1967. – С. 51–59. (36)

14. Богданович, Д. М., Разумовский Н. П. Физиологическое состояние и продуктивность бычков в зависимости от количества протеина в рационе / Социально-экономические и экологические аспекты развития Прикаспийского региона: межд. научно-практическая конференц., 28–30 мая 2019 г. – Элиста: Изд-во Калм. ун-та, 2019. С. 197–202.

УДК 637.18:636.2.084.41

Поступила в редакцию 30.08.2019

Received 30.08.2019

**В. И. Передня¹, Ю. А. Цой², Е. Л. Жилич¹,
А. А. Кувшинов¹, А. А. Романович³**

¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь,
e-mail: belagromech.by

²ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»,
г. Москва, Российская Федерация,
e-mail: vim@vim.ru

³УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь,
e-mail: rektorat@bsatu.by

ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ РАЗРАБОТОК ДЛЯ МОЛОЧНОГО СКОТОВОДСТВА

В статье изложены существующие недостатки на молочно-товарных фермах России и Белоруссии и показано, что производимое молоко на существующих фермах в большинстве хозяйств является неконкурентоспособным.

Рассмотрены факторы, влияющие на себестоимость и качество молока, из которых следует, что в более 60% стоимости молока занимают корма.

Рассмотрены необходимые приоритетные направления по разработке научных исследований и созданию технических средств, с элементами роботизации и полной автоматизацией технологических процессов для получения конкурентоспособной продукции.

Рассмотрены возможности и целесообразность создания комплекса методов и средств цифрового информационного обеспечения молочного скотоводства на основе инновационных машинных технологий и техники. Показано, что задачи управления молочно-товарными фермами носят многоплановый характер начиная от управления отдельными машинами и заканчивая задачами по принятию решений в условиях неполноты информации.

Ключевые слова: стоимость, качество молока, конкурентоспособность, молочно-товарные фермы, оборудование, цифровое управление, корма, доение, полнорационные корма, раздача кормов.

V. I. Perednya¹, Y. A. Tsoi², E. L. Zhilich¹, A. A. Kuvshinov¹, A. A. Romanovich³

¹*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»,
Republic of Belarus, Minsk,
e-mail: belagromech.by*

²*FSBSI “Federal Scientific Agroengineering Center VIM”,
Russian Federation, Moscow,
e-mail: vim@vim.ru*

³*EI «Belarusian State Agrarian Technical University»,
Republic of Belarus, Minsk,
e-mail: rektorat@bsatu.by*

PRIORITY DIRECTIONS OF AGRICULTURAL DEVELOPMENTS FOR DAIRY CATTLE

The article outlines the existing shortcomings at dairy farms in Russia and Belarus and shows that the milk produced on existing farms in most farms is uncompetitive.

The factors affecting the cost and quality of milk are examined, from which it follows that feed occupies more than 60% of the cost of milk.

The necessary priority areas for the development of scientific research and the creation of technical means, with elements of robotization and full automation of technological processes to obtain competitive products, are considered.

The possibilities and feasibility of creating a set of methods and means of digital information support for dairy cattle breeding based on innovative machine technologies and equipment are considered. It is shown that the tasks of managing dairy farms are multifaceted in nature, ranging from the management of individual machines and ending with the tasks of making decisions in conditions of incomplete information.

Keywords: cost, milk quality, competitiveness, dairy-farming farms, equipment, digital control, feed, milking, complete feed, feed distribution.

Насыщение продовольственных рынков России и Беларуси конкурентоспособным качественным молоком и молочными продуктами собственного производства является одной из важнейших социально-экономических задач на ближайшую перспективу.

Осуществляемый в наших странах курс на последовательный перевод животноводства на индустриальную технологию производства молочной продукции существенно улучшил положение в этой отрасли сельского хозяйства. Этому способствовало, в частности, отечественное оборудование нового поколения, созданное в рамках научно-технической российско-белорусской программы «Молоко».

Вместе с тем, доля современных технологий и комплектов оборудования в молочном скотоводстве еще не достигла требуемого уровня.

Для производства конкурентоспособной молочной продукции недостаточно только высокопроизводительного доильного оборудования. Необходима разработка и освоение современной интеллектуальной технологии содержания, кормления, доения и т. д. животных.

Анализ структуры первоначальных инвестиционных затрат при создании новой фермы показывает, что более 35%, приходится на создание общей инфраструктуры фермы, а именно: на

затраты, связанные с выбором участка и подготовки рельефа, проектированием и созданием наружных и внутренних транспортных и инженерных сетей, сооружений и коммуникаций. [1]

Обеспечение высоких темпов роста объемов продукции и подъем на качественно новый уровень экономики молочного скотоводства возможны лишь на основе перехода к интеллектуальным (цифровым) технологиям производства молока.

Среди мер по обеспечению рентабельности модернизации наиболее эффективным является радикальное снижение первоначальных инвестиционных затрат за счет:

максимального использования имеющейся инфраструктуры существующих ферм;

разработки и внедрения малозатратных цифровых технологий;

создания и внедрения конкурентоспособных интеллектуальных комплексов оборудования.

Для широкого внедрения средств механизации и автоматизации производственных процессов наряду со строительством новых современных ферм следует осуществлять реконструкцию и техническое переоснащение существующих ферм, поскольку при этом сокращаются первоначальные капиталовложения более, чем в 2 раза [2].

Наши исследования показывают, что при строительстве новых и реконструкции существующих ферм в области технологического и технического оснащения ферм на современном этапе возможны два принципиально отличительных подхода:

человек управляет кормлением и доением;

корова управляет кормлением и доением.

Снижение вмешательства человека в эти процессы – главный признак прогресса.

В сложившихся хозяйственных условиях, когда подобрана порода коров, определен способ содержания, установлен рацион кормления и т.д., возрастает роль механизации и автоматизации технологических процессов в получении качественного и конкурентоспособного молока.

В условиях рыночной экономики основная цель производственной деятельности – получение прибыли. В молочных хозяйствах прибыль обеспечивается стоимостью и объемом молока, получаемого на ферме, а также его качеством.

Себестоимость молока, получаемого на молочно-товарной ферме, можно определить из выражения [3]:

$$C = \sum z / \eta Q,$$

где $\sum z$ – сумма всех затрат, связанных с обслуживанием животных, технических средств для доения, кормления, удаления навоза, стоимость затраченных кормов, оборудования и т.д.;

Q – объем получаемого молока;

η – коэффициент, учитывающий качество молока.

Планируемую сумму затрат можно выразить уравнением:

$$\sum z = aC + bC + fC + dC + pC,$$

где a, b, f, d, p – коэффициенты, учитывающие процентную оценку входящих факторов в стоимость молока:

a – составляющая стоимости кормов;

b – составляющая стоимости машин и оборудования, выполняющих все технологические процессы на молочно-товарной ферме;

f – составляющая зарплаты обслуживающего персонала;

d – стоимость топлива и электроэнергии;

p – составляющая прочих затрат (по многолетним наблюдениям не более 1–4%).

Планируемая стоимость молока, получаемого на механизированных фермах без роботизации технологических процессов и операций, можно определить по формуле:

$$C_n = \frac{(0,4 - 0,6)C_n + (0,11 - 0,15)C_n + (0,11 - 0,13)C_n + (0,08 - 0,12)C_n + (0,01 - 0,04)C_n}{\eta Q}.$$

Как следует из уравнения, основным фактором в себестоимости молока являются корма, которые порой составляют более 60% от общих затрат на молочно-товарных фермах.

Стоимость машин и оборудования не превышает 15% от общих затрат, а зарплата обслуживающего персонала составляет около 13% [4].

Поэтому повышение продуктивности животных, снижение затрат кормов и труда на единицу продукции немислимо без рационального использования кормов.

С целью стабилизации полноценного кормления животных в мировой науке и практике все больше уделяется внимания концентрированным кормам. Именно за счет зернофуражных кормов и различных натуральных обогатительных добавок можно сбалансировать кормление по недостающим элементам питания.

Опыт показывает, что совершенствование технологии за счет применения современного оборудования отечественного производства, создает предпосылки для увеличения продуктивности и соответственного валового производства молока в среднем на 15-20%. И что самое важное такой подход способствует сохранению и развитию соответствующих сельских территорий.

Дальнейшее повышение эффективности животноводства связано, прежде всего, с такими факторами как повышение продуктивности, качество и надежность управления и функционирования фермы.

Обеспечение необходимых и достаточных условий для производства и управления факторами, определяющими жизнедеятельность и продуктивность животных и составляют суть перспективной, так называемой, «умной» фермы, как энергетической системы. По мнению специалистов к этим факторам в первую очередь относятся полнорационное кормление и способ содержания.

Создание комплекса методов и средств цифрового информационного обеспечения животноводства предопределяет направления исследований по инновационным машинным технологиям и в качестве приоритетных направлений можно выделить следующие разработки:



Рисунок 1. – Приоритетные направления агроинженерных исследований в животноводстве

Цифровые информационные технологии и средства для МОЛОЧНОГО СКОТОВОДСТВА



Рисунок 2. – Цифровые информационные технологии и средства для животноводства

– создание автоматизированных средств для оценки качества и состава кормов начиная с уборки. Реализация этого направления позволит организовать уборку кормов в оптимальные сроки, корректировать рацион кормосмесей;

– разработка биокаталитической конверсии фуражного зерна путем высокоградиентного механического и электромагнитного воздействия, что позволит превратить высокомолекулярные соединения клетчатки, крахмала и других составляющих зерна, в низкомолекулярные легкоусвояемые формы и это повысит усвояемость кормов по сравнению с традиционными технологиями в 1,5–2 раза;

– роботизированные средства приготовления и раздачи полнорационных кормосмесей с нормированием высокоэнергетических компонентов в зависимости от продуктивности и половозрастных групп;

– автоматизированные доильные модули с почетвертным выдаиванием и мониторингом качества молока для технического переоснащения функционирующих доильных залов;

– бесконтактный дистанционный контроль за состоянием животных.

Задачи управления современной фермой носят многоплановый характер начиная от управления как отдельными машинами и процессами до задач по принятию решений в условиях неполноты информации (неопределенности) (рисунок 2).

Выводы

Изложенные направления работ позволят разработать инновационные интеллектуальные технологии и комплекты оборудования для оснащения молочно-товарных ферм для производства конкурентоспособного молока.

Литература

1. Кормановский Л. П. Опыт реконструкции и технической модернизации молочных ферм // Л. П. Кормановский, Ю. А. Цой, А. И. Зеленцов М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010.
2. Кормановский Л. П. Технологическое и техническое переоснащение молочных ферм / Л. П. Кормановский [и др.]. М.: ФГПУ «Росинформагротех», 2014.
3. Передня В. И. Техническое и технологическое обеспечение получения конкурентоспособного молока / В. И. Передня. Инновационные ресурсосберегающие технологии для производства биобезопасных комбикормов и конкурентоспособного молока / Мн. 2018 г.
4. Передня В. И. Инновационные технологии и оборудование для технологического переоснащения молочно-товарных ферм. Игорь Станиславович Нагорский академические чтения, посвященные 85-летию со дня рождения / Минск, 2018.
5. Цой Ю. А. Концепция создания «умной» фермы по производству конкурентоспособного молока / Ю. А. Цой, В. И. Передня / Инновационные ресурсосберегающие технологии для производства биобезопасных комбикормов и конкурентоспособного молока. Минск, 2018.

УДК 631.22.018

Поступила в редакцию 23.08.2019
Received 23.08.2019

И. И. Скорб, ст. преп.

*Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь,
e-mail: igor.bgatu@mail.ru*

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И СВОЙСТВА ЖИДКОГО НАВОЗА ПРИ ЕГО НАКОПЛЕНИИ В КАНАЛАХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Проведены исследования реологических свойств жидкого бесподстильного навоза при его накоплении и хранении в каналах гидравлических систем уборки навоза.

Ключевые слова: навоз, расслоение, влажность, частица, осаждение, гомогенизация, смешивание.

I. I. Skorb, senior lecturer

*Belarusian State Agrarian Technical University,
Minsk, Republic of Belarus,
e-mail: igor.bgatu@mail.ru*

RHEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND PROPERTIES OF LIQUID MANURE WHEN ITS ACCUMULATION IN CHANNELS OF HYDRAULIC SYSTEMS

Investigations were made of the rheological properties of liquid bedless manure during its accumulation and storage in the channels of hydraulic systems for manure removal.

Keywords: manure, stratification, moisture, particle, sedimentation, homogenization, mixing.

Введение

Гидравлические системы удаления навоза в последние годы получают всё большее распространение как наиболее простые и надёжные в эксплуатации.

Применение гидравлических систем уборки навоза периодического действия, позволяют сократить затраты труда и материальные затраты на 10...30%, по сравнению с механическими средствами уборки. Удельная металлоёмкость гидравлических систем уборки и транспортировки навоза в 4...6 раз меньше.

С началом применения гидравлических способов уборки навоза связаны исследования реологических и физико-механических свойств жидкого бесподстильного навоза.

Исследования гранулометрического состава показали, что в свином навозе при концентратном типе кормления, частиц размером 0,5 мм и меньше, содержится более 50%, в навозе КРС частиц размером до 0,5 мм – около 50%, частиц размером от 3 до 10 мм – около 30% [1].

С.Д. Дурдыбаевым установлено, что в навозе КРС содержится более 55% частиц размером до 0,25 мм, в свином навозе – около 58% частиц размером 0,25–1,0 мм [2].

Во время хранения жидкого навоза происходят сложные биофизико-химические процессы, вызывающие изменения состава по его глубине. Интенсивность этих процессов зависит от вида навоза, его состояния, условий хранения, погодных условий и т.д.

Жидкий навоз при хранении подвержен расслаиванию (разделению), которое обусловлено разной плотностью жидкой и твердой фракций. Так исследованиями В.И. Якубаускаса установлено, что жидкий бесподстильный навоз во время длительного хранения расслаивается на верхний слой влажностью 73...78%, высотой до 0,7 м, средний слой влажностью 92...96,5% – до 1 м и нижний слой – осадок влажностью 87...88,9% до 0,5 м [3].

Навоз крупного рогатого скота имеет меньший удельный вес, содержит больше (примерно в пять раз) коллоидов, чем свиной, поэтому расслаивается медленнее.

Верхний слой представляет собой рыхлую массу из подстилки, остатков корма и волокнистой части твердых выделений животных. Нижний слой включает остатки корма, песок, ил, образуемый тяжелыми частицами твердых выделений животных. Замечено, что свиной навоз склонен образовывать очень плотный осадочный слой. Между верхним и нижним слоями находится более однородный средний слой, почти не содержащий твердых и волокнистых включений.

У свиного навоза осадок имеет плотность 1120...1180 кг/м³, а у навоза крупного рогатого скота – 1050...1090 кг/м³. По данным [1], влажность осадка навоза крупного рогатого скота 83-86%, свиного навоза – 78-84%, влажность среднего слоя – 94–98%.

По агротехническим требованиям разность влажности жидкого навоза при вывозке по высоте резервуара не должна превышать 2–3%. Установлено, что после 2...3 часов разность влажности между слоями превышает норму агротехнических требований. Следовательно, в период хранения и использования жидкий навоз необходимо гомогенизировать через определенные промежутки времени.

Осаждение твердых частиц в свином навозе начинается при влажности выше 88%. Наибольшая скорость осаждения происходит в течение 2...3 часов и заканчивается через 3–6 суток.

Наиболее интенсивно свиной навоз расслаивается при влажности 90% и выше, а навоз крупного рогатого скота – при влажности более 91% [1].

Основная часть

Рассмотрим процесс осаждения твердой частицы навоза после перемешивания в канале гидравлической системы периодического действия под воздействием силы тяжести, которая является движущей силой процесса осаждения. Принимаем, что частицы имеют сферическую форму диаметра d , плотность ρ_T , объем V_T и массу m . Скорость частицы \vec{v} по направлению совпадает с силой тяжести \vec{G} . При движении частицы на нее действует выталкивающая сила Архимеда \vec{F}_A и сила сопротивления среды (сила Стокса) \vec{F}_C .

Напишем в декартовой системе координат уравнения движения твердой частицы в жидкости под воздействием силы тяжести [4].

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = \sum \vec{F}_i = \vec{G} + \vec{F}_C + \vec{F}_A. \quad (1)$$

Спроецировав на ось y (рисунок 1) получим:

$$m \frac{dv_y}{dt} = G - F_C - F_A. \quad (2)$$

Рассмотрим силы, входящие в уравнение движения (2).

Сила тяжести:

$$G = mg = \frac{\pi d^3}{6} \rho_T g, \quad (3)$$

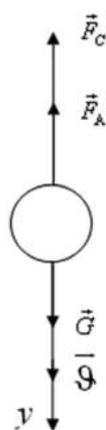


Рисунок 1. – Схема сил, действующих на частицу

где d – диаметр частицы, м;
 ρ_T – плотность частицы, кг/м³;
 m – масса частицы, кг.
 Сила Архимеда:

$$F_A = \rho_{ж} V_T g = \frac{\pi d^3}{6} \rho_{ж} g, \quad (4)$$

где V_T – объем частицы, м³.

Сила гидродинамического сопротивления среды, отнесенная к поперечному сечению, сила Стокса:

$$F_c = \varphi \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{\vartheta^2}{2} \rho_{ж}, \quad (5)$$

где φ – коэффициент гидравлического сопротивления среды.

При условии постоянства скорости осаждения уравнение (2) примет вид:

$$G - F_c - F_A = 0.$$

Подставляя выражения для действующих сил, получим:

$$\varphi \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{\vartheta^2}{2} \rho_{ж} = \frac{\pi d^3}{6} \rho_T g - \frac{\pi d^3}{6} \rho_{ж} g. \quad (6)$$

Отсюда получаем скорость осаждения:

$$\vartheta = \sqrt{\frac{4d(\rho_T - \rho_{ж})g}{3\varphi\rho_{ж}}}. \quad (7)$$

Коэффициент сопротивления φ зависит от числа Рейнольдса:

$$Re = \frac{\vartheta d \rho_{ж}}{\mu}.$$

Выполненные расчеты показывают, что режим является переходным ($2 < Re < 500$). В данном случае коэффициент сопротивления будет:

$$\varphi = \frac{18,5}{Re^{0,5}}.$$

Время осаждения:

$$t = b / \vartheta, \quad (8)$$

где b – высота слоя жидкого навоза

Рассчитаем скорость и время осаждения твердых частиц различного диаметра. Плотность твердой частицы принимаем равной 1120 кг/м³, а динамическую вязкость жидкости – 0,0001 Н×с/м². Результаты вычислений приведены в таблице 1.

Таблица 1. – Скорость и время осаждения частиц различного диаметра

d , мм	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
ϑ , м/с	0,01	0,02	0,03	0,041	0,051	0,061	0,071	0,081	0,091	0,102
Re	5,6	22,4	50,4	91,8	142,8	208,4	282,2	362,9	458,6	572,2
t , с	100	50	33,3	24,6	19,7	16,34	14,0	12,32	10,9	9,8

Заклучение

В статье определена скорость осаждения частиц различного диаметра в жидком навозе и время осаждения, знание которых позволяет оптимизировать функционирование гидравлических систем уборки навоза при решении технических задач связанных с удалением жидкого навоза из гидравлических каналов таких систем.

Литература

1. Назаров С. И., Шаршунов В. А. Механизация и внесение органических удобрений. Для с.-х. вузов по спец. «Механизация животноводства». – Мн.: Ураджай, 1993. – 296 с.: ил. – (Учеб. пособие для с.-х. вузов).
2. Дурдыбаев С. Д., Данилкина В. С., Рязанцев В. П. Утилизация отходов животноводства и птицеводства: Обзор. М.: Агропромиздат, 1989. 56с.
3. Якубаускас В. И. Технологические основы механизированного внесения удобрений. М.: Колос, 1973. 231 с.
4. Соу С. Гидродинамика многофазных систем. – М.: Мир, 1971. – 536 с.

УДК 629.365/367(0758)

Поступила в редакцию 03.09.2019
Received 03.09.2019

В. В. Гуськов, А. С. Поварехо, П. В. Лысанович

*Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь,
e-mail: povarekho@bntu.by*

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖИТЕЛЯ МНОГОЦЕЛЕВЫХ КОЛЁСНЫХ МАШИН

В статье рассмотрены вопросы оптимизации параметров движителя многоцелевых колесных машин (в том числе и колесных тракторов) применительно к условиям их движения по грунтовым поверхностям.

Ключевые слова: колесный движитель, ведущее колесо, физико-механические свойства, грунтовая поверхность, оптимизация параметров.

V. V. Guskov, A. S. Pavarekha, P. V. Lysanovich

*Belarusian national technical University,
Minsk, Republic of Belarus,
e-mail: povarekho@bntu.by*

SOME ISSUES OF OPTIMIZATION OF THE PROPELLER MULTI-PURPOSE WHEELED VEHICLES

The article deals with the optimization of the parameters of the engine of multi-purpose wheeled vehicles (including wheeled tractors) in relation to the conditions of their movement on the ground surfaces.

Keywords: wheel drive, driving wheel, physical and mechanical properties, ground surface, optimization of parameters.

Введение

Вопросы, связанные с исследованием тяговых качеств колесных машин, рассматриваются во многих работах [1–3]. Следует отметить, что для машины в целом тяговые и динамические качества принято оценивать тяговым КПД и динамическим фактором [3–4].

Однако каждое из колес функционирует в определенных условиях с точки зрения вертикальной нагрузки, подводимого крутящего момента, условий движения. Кроме того, для некоторых машин, колеса мостов имеют различные размеры. В связи с этим особый интерес представляет оценка вклада каждого отдельного колеса в общую тяговую динамику многоосной колесной машины (МКМ) при ее движении по грунтовой поверхности.

Тягово-сцепные свойства колеса зависят от большого числа параметров. К ним относятся конструктивные параметры машин, с одной стороны, и физико-механические свойства грунтовой поверхности, с другой.

К основным конструктивным параметрам относятся: нормальная нагрузка на колесо G , параметры движителя – диаметр D и ширина b , давление в шинах p_w , высота h_r , шаг t_r и конфигурация грунтозацепов и ряд других.

К основным физико-механическим свойствам грунтов относятся: сопротивление грунтовой поверхности сжатию σ и сдвигу τ . Большое влияние на тяговые и динамические характеристики машины оказывает влажность грунта:

$$W = \frac{Q_{\text{вод}}}{Q_{\text{обр}}} \cdot 100\%,$$

где $Q_{\text{вод}}$ – вес воды в исследуемом образце грунта;

$Q_{\text{обр}}$ – вес всего образца.

Тягово-сцепные свойства МКМ также зависят от категории грунта – минеральный или торфяно-болотный, вида грунтовой поверхности – целина, залежь, пахота и т.д.

Целью данного исследования является оптимизация параметров движителя МКМ при движении по грунтовой поверхности.

В качестве критерия эффективности был принят тяговый коэффициент полезного действия колеса.

Основная часть

Как указывалось выше, при проектировании колёсной машины возникают вопросы выбора параметров её движителя при заданной нагрузке на колесо или определение оптимальной нормальной нагрузки при заданных параметрах колеса.

Многообразии конструктивных и компоновочных решений шасси колесных машин (рисунки 1, 2) усложняет подбор шин и нагрузочных режимов работы колес отдельных мостов.

Компоновочные решения могут отличаться числом мостов колесной машины, количеством ведущих и ведомых, управляемых и не управляемых колес, характером их расположения вдоль базы машины. Могут использоваться сдвоенные и строенные тележки. Все это приводит к тому, что нагрузки на колеса и условия их движения оказываются различными. Поэтому, выбор колесной схемы шасси, характера перевозимого груза, распределения нагрузки вдоль грузовой платформы необходимо производить из условий обеспечения наибольшей эффективности работы колес ведущих мостов, с точки зрения наилучшей реализации тяговых и динамических качеств. Все это позволит повысить тягово-сцепные качества машины, топливную экономичность и производительность в целом.

В зависимости от типа подвода крутящего момента к ведущим колесам (дифференциальный или блокированный), условий движения (прямолинейное или на повороте), конструктивных особенностей трансмиссии, колесо может работать в тяговом или тормозном режимах. В данной работе рассматривается движение колеса в тяговом режиме.



Рисунок 1. – Некоторые варианты компоновок колесных шасси



Рисунок 2. – Схемы шасси колесных тракторов и тракторных агрегатов

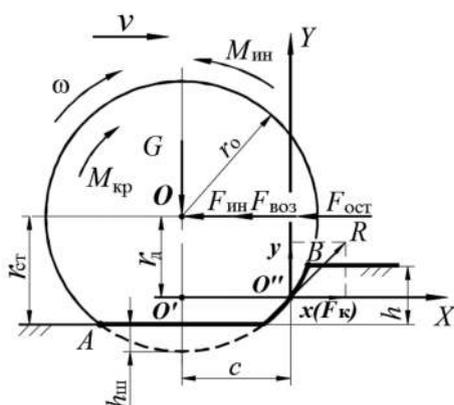


Рисунок 3. – Схема сил и моментов, приложенных к ведущему колесу, движущемуся по горизонтальной грунтовой поверхности в установившемся режиме

Расчетная схема движения ведущего колеса с учетом действующих на него сил представлена на рисунке 3.

На данном рисунке приняты следующие обозначения: $r_o, r_{ст}, r_d$ – номинальный, статический и динамический радиусы колеса; c – координата точки O приложения реакции грунтовой поверхности; $M_{кр}, M_{инн}$ – крутящий момент и момент инерции, приложенные к центру O колеса; h и $h_{ш}$ – глубина колеи и деформация шины под действием нормальной нагрузки G , $F_{ост}, F_{инн}, F_{воз}$ – силы сопротивления остова машины, инерции и сопротивления воздуха.

Анализ рабочих процессов ведущего колеса в процессе его движения позволил сделать предположение, что в качестве комплексного показателя эффективности реализации тяговых свойств можно использовать коэффициент полезного действия ведущего колеса. Коэффициент полезного действия ведущего колеса η_k определяется согласно выражения:

$$\eta_k = (1 - \delta) \cdot \left(1 - \frac{F_{спр}}{F_k} \right),$$

где $F_{спр}$ – сила сопротивления за счет смятия грунта движителем и образования колеи, H ;

F_k – касательная сила тяги, H ;

δ – буксование.

Авторами предлагается метод оптимизации параметров колеса и его нагрузки, когда в качестве критерия эффективности (целевой функции) принимается коэффициент полезного действия ведущего колеса η_k .

Для определения параметров, входящих в формулу коэффициента полезного действия колеса, была использована расчетная схема (рисунок 3). На основе принципа Даламбера, были со-

ставлены уравнения равновесия сил и моментов, приложенных к ведущему колесу, движущемуся по горизонтальной грунтовой поверхности в установившемся режиме:

$$\begin{cases} \Sigma X = x - F_{\text{ост}} = 0; x = F_{\text{ост}}; \\ \Sigma Y = y - G = 0; y = G; \\ \Sigma M_0 = yc + xr_d - M_{\text{кр}} = 0; M_{\text{кр}} = yc + xr_d. \end{cases} \quad (1)$$

С учетом приведенных на рис. 3 обозначений сила сопротивления движению за счёт смятия грунта колесом и образования колеи, равна:

$$F_{\text{смп}} = y \cdot \frac{G}{r_d} = G \cdot \frac{c}{r_d} = fG,$$

где f – коэффициент сопротивления движению за счет образования колеи.

Реакция x представляет движущую силу, которую обозначим как $F_{\text{к}} = x$.

Для определения величин, входящих в систему уравнений (1), профессор В.В. Гуськов [6] разработал теоретические основы процесса взаимодействия ведущего колеса с грунтовой поверхностью. Они базируются на современных положениях теории механики грунтов при приложении динамических нагрузок и зависимостях сопротивлений грунта сжатию и сдвигу, предложенных профессором В.В. Кацыгиным [7].

В частности, напряжение сжатия грунта определяется по формуле:

$$\sigma = \sigma_0 \cdot \text{th} \left(\frac{k}{\sigma_0} \cdot h \right),$$

где σ_0 – несущая способность грунта, H/m^2 ;

k – коэффициент объемного смятия грунта, H/m^3 ;

h – глубина погружения штампа, m .

Напряжения сдвига, возникающие при деформации грунта:

$$\tau = f_{\text{ск}} q_x \left(1 + \frac{f_{\text{п}}}{\text{ch} \frac{\Delta}{k_{\tau}}} \right) \cdot \text{th} \frac{\Delta}{k_{\tau}},$$

где q_x – давление колеса на грунт, H/m^2 ;

$f_{\text{ск}}$ – коэффициент трения скольжения;

$f_{\text{п}}$ – коэффициент трения покоя;

k_{τ} – коэффициент деформации грунта, m ;

Δ – деформация сдвига, m .

Графическое изображение зависимости напряжений сжатия грунта приведено на рисунке 4.

Из рисунка 4 видно, что имеется три участка этой зависимости: первый участок отражает упругую деформацию; второй – пластическую; третий – течение грунта.

Графическое изображение зависимости напряжений сдвига, возникающих при деформации грунта, приведено на рисунке 5.

На рисунке 5 видно, что напряжения сдвига достигают максимума при некоторой деформации Δ_0 , а затем снижаются. Это явление объясняется тем, что на участке I грунт уплотняется (трение покоя), а на участке II – сдвигается (трение скольжения).

На основе положений механики грунтов, получены математические выражения для определения силовых параметров, действующих на колесо. Указанные показатели предлагается определить согласно разработанному алгоритму процесса взаимодействия ведущего колеса с грунтовой поверхностью, предложенному профессором В. В. Гуськовым [6].

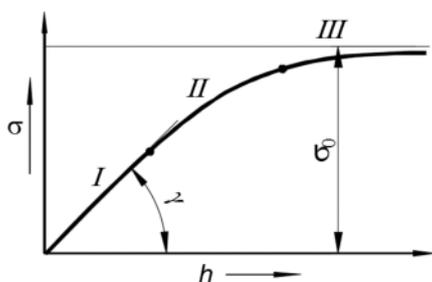


Рисунок 4. – Зависимость напряжений сжатия от деформации ($k = \text{tg}\gamma$)

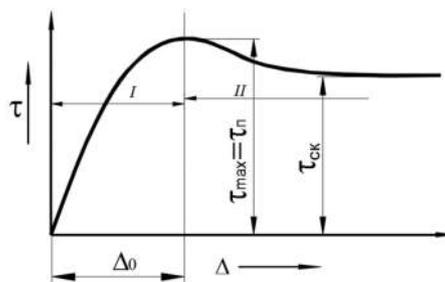


Рисунок 5. – Зависимость напряжений сдвига от деформации

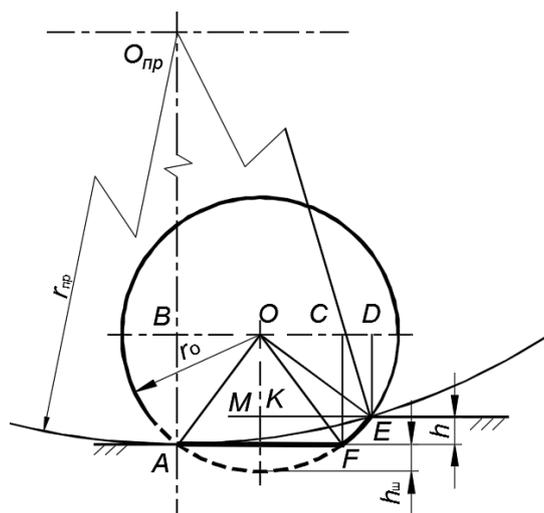


Рисунок 6. – Схема приведения номинального радиуса r_0 шины к радиусу $r_{пр}$ жесткого колеса

При этом были приняты следующие допущения:

1. Колесо движется под действием приложенного к нему крутящего момента $M_{кр}$ в установившемся режиме по горизонтальной поверхности.
2. При рассмотрении процесса взаимодействия ведущего колеса с грунтовой поверхностью используются механические характеристики грунтов для определения которых используются математические зависимости, предложенные профессором В. В. Кацыгиным [7].
3. Номинальный диаметр D_0 реального колеса заменяется приведенным диаметром $D_{пр}$ жесткого колеса согласно расчетной схеме (рисунок 6) [6]:

$$r_{пр} = \frac{h^2 + \left[2\sqrt{r_0 h_{ш}} - h_{ш}^2 + \sqrt{2r_0 h - h^2} \right]^2}{2h}.$$

4. Реакции грунта направлены перпендикулярно опорной поверхности колеса:

В соответствии с этими допущениями:

Сила сопротивления движению:

$$F_{спр} = \int_0^{h_0} b\sigma_0 \cdot \text{th} \left[\frac{k}{4b\sigma_0} \cdot D_{пр} \cdot \ln \left(\frac{D_{пр} - h}{D_{пр} - h_0} \right) \right] dh, \quad (1)$$

где b – ширина колеса, м;

$D_{пр}$ – приведенный диаметр колеса, м;

h_0 – деформация грунта при соответствующей вертикальной нагрузке, м.

Вертикальная нагрузка, приводящая к деформации грунта на величину h_0 :

$$G = \int_0^{h_0} \frac{b\sigma_0(D_{\text{пр}} - 2h)}{2\sqrt{D_{\text{пр}}h - h^2}} \cdot \text{th} \left[\frac{k}{4b\sigma_0} \cdot D_{\text{пр}} \cdot \ln \left(\frac{D_{\text{пр}} - h}{D_{\text{пр}} - h_0} \right) \right] dh. \quad (2)$$

Уравнения (1) и (2) решаются методом приближений – сначала из уравнения (2) определяется величина h_0 ($0 \dots h_0$), а затем величина $F_{\text{спр}}$ из уравнения (1).

Процесс буксования ведущего колеса

При движении по естественной поверхности грунта, процесс взаимодействия движителя МКМ с грунтовой поверхностью всегда сопровождается буксованием. Чтобы раскрыть природу этого явления рассмотрим особенности этого процесса.

Как известно, при движении МКМ возникают потери скорости за счет буксования ведущих колес. Существует несколько видений процесса буксования ведущих колес [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Одно из них, наиболее отражающее реальный процесс буксования ведущих колес, заключается в том, что при взаимодействии ведущего колеса с грунтом действуют силы трения между опорной поверхностью шины и грунтом; силы, возникающие при упоре грунтозацепов шины в грунт; силы, возникающие при срезе грунтового кирпича боковыми гранями грунтозацепов [4]. На дорогах с твердым покрытием основное значение имеют силы трения. На грунтовых поверхностях значение сил сдвига и среза возрастает и во многих случаях является определяющим.

При движении ведущего колеса (рисунок 7), его грунтозацепы сдвигают и срезают грунт в направлении, обратном движению. Упор грунтозацепов в грунт сдвиг и срез грунтовых кирпичей, зажатых между ними, возможны только при полном использовании сил трения, т.е. когда имеется пробуксовка колеса.

Теоретически передача ведущего момента обязательно должна сопровождаться буксованием, в результате чего ось колеса перемещается как бы на соответствующее расстояние назад. В этом, главным образом, заключается физическая сущность буксования ведущих колес на деформируемой поверхности и причина снижения их поступательной скорости. Дополнительное незначи-

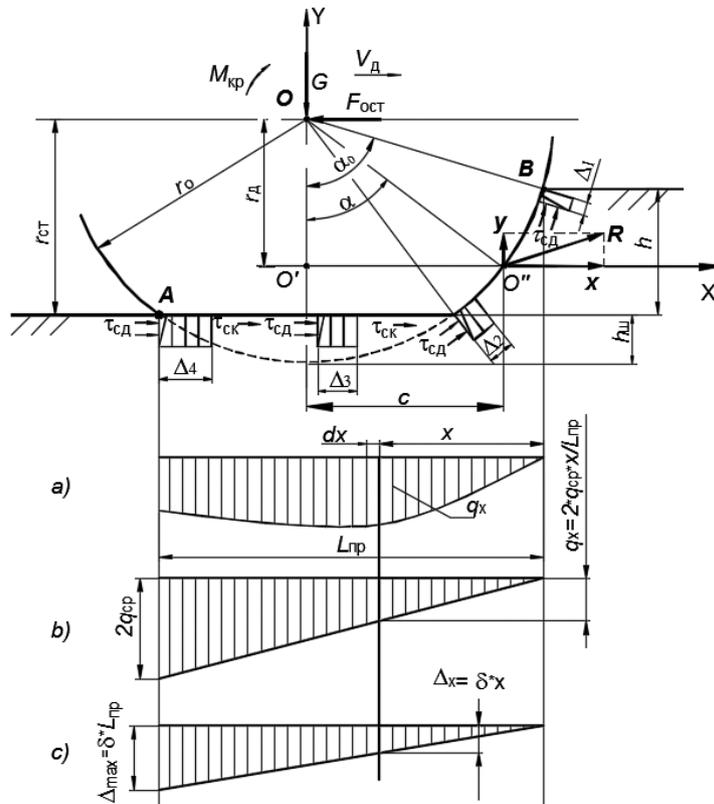


Рисунок 7. – Схема взаимодействия ведущего колеса с грунтовой поверхностью при буксовании

тельное снижение поступательной скорости ведущих колёс обуславливается тангенциальными деформациями шин.

Благодаря эластичности шин в окружном направлении, участки её, приближающиеся при качении колеса к площадке контакта шины с грунтом, под действием ведущего момента, сжимаются, вследствие чего путь, проходимый колесом за один оборот, уменьшается. Из сказанного выше следует, что сцепление опорной поверхности колеса с грунтом происходит за счёт сил трения, возникающих между шиной и грунтом, и силы сдвига, и среза грунтовых кирпичей, зажатых между грунтозацепами. При движении колеса ($v = \text{const}$) сдвиг и срез грунтовых кирпичей происходит в основном в период выхода последнего грунтозацепа опорной поверхности колеса из грунта (рисунок 7). В этот момент, нагрузка от вышедшего из зацепления грунтозацепа, перераспределяется на остальные, находящиеся в зацеплении. Все грунтозацепы сдвигают и срезают грунт на одинаковую величину, причём первый сдвигается на величину Δ_1 , второй на величину $\Delta_1 + \Delta_1 = 2 \times \Delta_1$, третий на $\Delta_1 + \Delta_1 + \Delta_1 = 3 \times \Delta_1$ и т.д. Поскольку первый грунтозацеп пройдёт все стадии зацепления от входа в грунт до выхода из него, наибольший сдвиг и срез грунта при выходе его из зацепления равен $\Delta_{\text{max}} = n \times \Delta_1$ (здесь n – число грунтозацепов в зацеплении опорной поверхности колеса с грунтом).

С другой стороны, наибольший сдвиг и срез грунта можно представить как произведение коэффициента буксования δ на длину опорной поверхности колеса L_{np} , т.е. $\Delta_{\text{max}} = \delta L_{\text{np}}$.

Исследования [2, 4] показали, что распределение деформации сдвига и среза грунтовых кирпичей в контакте опорной поверхности колеса с грунтом можно представить виде треугольника (рисунок 7, с).

Напряжения сдвига $\tau_{\text{сд}}$, возникающие в грунте при воздействии на него грунтозацепами, возрастают до определённого максимума, после чего они убывают и при полном срезе грунтового кирпича достигают постоянного значения $\tau_{\text{сдск}}$. (см. рисунок 5).

В то же время напряжение $\tau_{\text{ср}}$, возникающее при срезе грунтового кирпича боковыми гранями грунтозацепа с высотой h_r , можно в первом приближении считать не зависящим от деформации.

Коэффициенты трения $f_{\text{п}}$, покоя и скольжения $f_{\text{ск}}$ зависят от давления q_x , причём чем больше давление, тем меньше их величина.

Таким образом, движущая реакция x ведущего эластичного колеса, оборудованного грунтозацепами, равна сумме сил трения и реакций сдвига и среза на каждом грунтозацепе и имеет максимальное значение при некотором буксовании меньше единицы (в пределах 25...45% буксования в зависимости от категории грунта).

Давление q_x распределяется по длине опорной поверхности колеса AB неравномерно (рисунок 7, а) и эпюра давления представляет сложную конфигурацию. Для упрощения решения эту фигуру можно заменить в первом приближении треугольником (рисунок 7, б).

С учетом этих допущений касательная сила тяги ведущего колеса может быть определена из следующего уравнения:

$$x = F_k = \int_0^{L_{\text{np}}} \frac{2bf_{\text{ск}}q_x}{L_{\text{np}}\delta_x} \cdot \left(1 + \frac{f_{\text{п}}}{\text{ch} \frac{\delta_x x}{k_\tau}} \right) \cdot \text{th} \frac{\delta_x x}{k_\tau} dL,$$

где L_{np} – длина AB опорной поверхности колеса, м.

$$L_{\text{np}} = 2\sqrt{2r_0h_{\text{ш}} - h_{\text{ш}}^2} + r_0 \arccos \frac{r_0 - h}{r_0}.$$

Таким образом, на основе предложенных математических моделей оценка оптимальных условий работы движителя колесной машины может решаться в двух направлениях.

1. Определяется оптимальная вертикальная нагрузка на колесо при его заданных конструктивных параметрах, т.е. решается уравнение вида:

$$\frac{\partial \eta_k}{\partial G} \rightarrow 0.$$

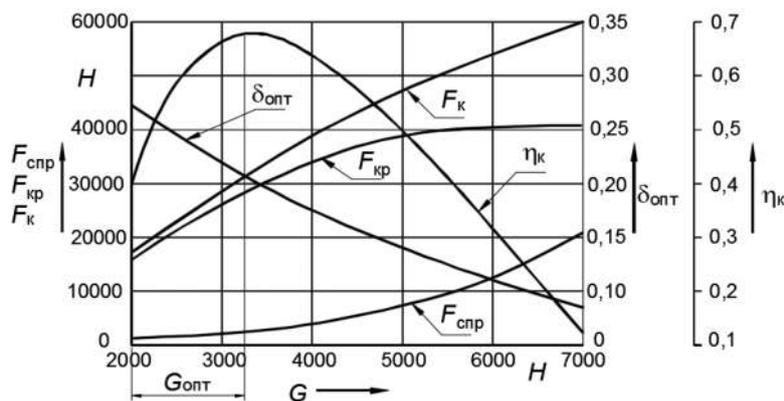


Рисунок 8. – Тягово-цепные свойства шин 580/70R42 в зависимости от вертикальной нагрузки

2. Определяются конструктивные параметры колеса при заданной нагрузке:

$$\frac{\partial \eta_k}{\partial (D_0, b_0, p_w, \dots)} \rightarrow 0.$$

Для верификации предложенной методики приводится пример решения задачи оптимизации нормальной G нагрузки на ведущее колесо (шина 580/70R42) с размерами: $D_0 = 1,9$ м; $b_0 = 0,714$ м при давлении $p_w = 0,2$ МПа, движущегося по стерне суглинка нормальной влажности ($w = 16\%$). Грунт имеет следующие физико-механические свойства: $f_{ск} = 0,76$; $f_{п} = 0,79$; $k_{\tau} = 0,04$ м; $\sigma_0 = 1,58 \times 10^6$ Н/м², $k = 0,58 \times 10^6$ Н/м³.

На рисунке 8 представлены результаты расчета тягово-цепных свойств указанной шины в зависимости от нормальной нагрузки.

Здесь $\delta_{опт}$ – буксование при наибольшей касательной силе тяги колеса F_k ; $F_{кр}$ – крюковое усилие. Крюковое усилие представляет полезное усилие, реализуемое колесом, и определяется:

$$F_{кр} = F_k - F_{спр}.$$

Как видно из представленных графических зависимостей, с ростом вертикальной нагрузки на колесо, происходит рост касательной силы тяги F_k , силы сопротивления движению колеса $F_{спр}$ и, соответственно, реализуемой крюковой нагрузки $F_{кр}$.

При этом зависимость коэффициента полезного действия колеса η_k , имеет ярко выраженный максимум, соответствующий вертикальной нагрузке $G_{опт} = 32,5$ кН.

Заключение

В результате проведенных исследований получены следующие результаты.

1. Разработанная модель взаимодействия ведущего колеса с грунтовой поверхностью позволяет с достаточной точностью определить тягово-цепные и экономические свойства колесного движителя МКМ.

2. Предложенный метод оптимизации при использовании в качестве критерия эффективности тягового коэффициента полезного действия колеса позволяет определить рациональные параметры проектируемого колесного движителя, обладающего высокой эффективностью и экономичностью.

3. Указанный метод был внедрён в практику проектирования перспективных колесных тракторов семейства «Беларус» Минского тракторного завода.

Литература

1. Львов Е. Д. Теория трактора: учебник для вузов / Е. Д. Львов. – 5-е изд., перераб. и сокр. – М.: Машгиз, 1960. – 252 с.
2. Динамика системы дорога – шина – автомобиль – водитель / А. А. Хачатуров [и др.]. Под общ. ред. засл. деят. науки и техники РСФСР, д-ра техн. наук, проф. А. А. Хачатурова. – Москва: Машиностроение, 1976. – 535 с.
3. Popp K., Schiehlen W. Ground Vehicle Dynamics. Springer, 2010. 366 p.

4. Проектирование полноприводных колесных машин: Учебник для вузов: В 3 т. Т. 1 / Б.А. Афанасьев, Б. Н. Белоусов [и др.]; под ред. А. А. Полунина. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 496 с.
5. Беккер М.Г. Введение в теорию местности колёсных машин / М.Г. Беккер; пер. с англ. д-ра техн. наук В.В. Гуськова. – М.: Машиностроение, 1973. – 519 с.
6. Гуськов В.В. Оптимальные параметры сельскохозяйственных тракторов. – М.: Машиностроение, 1966, 195 с.
7. Кацыгин В.В. Некоторые вопросы деформации почв. Вопросы сельскохозяйственной механики. Т. XIII. – М.: из-во «Урожай», 1964, С. 28 – 43.

УДК 631.3:636

Поступила в редакцию 09.08.2019

Received 09.08.2019

Н. М. Морозов, акад. РАН, д-р экон. наук, проф.

*Институт механизации животноводства – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ,
г. Москва, Российская Федерация,
e-mail: akademik.morozov34@mail.ru*

РАЗВИТИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ РОССИИ

Показано состояние развития животноводства в России, рассмотрены факторы, влияющие на эффективность производства продукции, особенности применения цифровых технологий.

Ключевые слова: животноводство, инновационные технологии, цифровизация, технический прогресс.

N. M. Morozov, academician of RAS, doctor of Economics, Professor

*Institute of mechanization of animal husbandry – the branch of fgbu fnacs VIM,
Moscow, Russian Federation,
e-mail: akademik.morozov34@mail.ru*

THE DEVELOPMENT OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN ANIMAL HUSBANDRY OF RUSSIA

The state of development of animal husbandry in Russia is shown, the factors influencing efficiency of production, features of application of digital technologies are considered.

Keywords: animal, innovative technology, digitalisation, technological progress.

Подотрасли животноводства в России выполняют важные экономические, социальные и демографические функции:

- обеспечивают производство необходимых для населения продуктов питания;
- создают рабочие места для сельских жителей, обеспечивая постоянную занятость около 4 млн человек;
- способствуют поддержанию стабильности сельского уклада жизни, сохранению территориальной целостности страны и рациональному использованию природных ресурсов;
- содействуют развитию многих отраслей промышленности потребляя их ресурсы (машины, средства автоматизации, нефтепродукты, электроэнергию, комбикорма, лекарственные препараты и др).

Удельный вес продукции подотраслей животноводства, несмотря на сокращение ее объемов за годы реформирования экономики, составляет 51–52% в валовой продукции сельского хозяйства, что ниже дореформенного уровня и не обеспечивает потребности страны, прежде всего в молоке и говядине, по которым сохраняется значительный удельный вес импорта.

В последние годы принято ряд законопроектов и Государственных программ, направленных на увеличение объемов производства продукции животноводства, улучшение ее качества, сокращение импорта и повышение эффективности производства.

В России основными производителями продукции животноводства являются сельскохозяйственные организации, в которых производится 51–54% молока, более 90% яиц и свинины и функционируют специализированные фермы с применением современных высокоинтенсивных технологий, личные подсобные хозяйства и крестьянские (фермерские) хозяйства.

Несмотря на значительный удельный вес личных подсобных хозяйств в производстве молока (38,9%), его товарность составляет всего 31% – против 92,4% в сельхозорганизациях и 58% в крестьянских (фермерских) хозяйствах.

Анализ технологий производства продукции животноводства и технических средств для выполнения технологических процессов показывает, что их развитие и совершенствование осуществлялось и осуществляется на основе использования фундаментальных научных результатов в различных сферах – физиологии и кормления животных, молокообразовании, консервировании, дроблении и смешивании кормов, электрификации и автоматизации, организации труда и управлении.

Сердцевиной технологии, характеризующей ее прогрессивность и влияющей на все ее элементы, является техническая база – машины, средства автоматизации, способы энергообеспечения.

На современном этапе развития экономики России значительную роль отводят необходимости развития цифровых технологий, как одного из важных факторов повышения эффективности производства, и на этой основе, роста конкурентоспособности, решения экономических и социальных проблем. В различных официальных источниках необходимости применения цифровых технологий и перехода к цифровой экономике, отводится определяющее значение. Отмеченное явилось причиной активизации деятелей науки и органов управления наукой к проблеме цифровизации, в том числе и в сфере агропромышленного комплекса, включая производство продукции растениеводства и животноводства.

Однако, имеющиеся материалы о цифровизации не содержат достаточных сведений и толкований о сущности цифровизации и условиях ее применения в различных сферах, экономической эффективности, а скорее имеют рекламный характер.

Обобщение имеющихся теоретических положений позволяет заключить, что основой цифровизации является автоматическое осуществление процессов при производстве того или иного товарного, готового к применению продукта или сырья, реализуемого для потребления в других стадиях и сферах производства.

Сердцевиной цифровой технологии и главным ее отличительным признаком являются автоматически управляемые технические средства, осуществляющие выполнение технологических операций в точном соответствии с заданными параметрами (временными, технологическими, качественными, гигиеническими, экологическими, экономическими) без участия человека (оператора, менеджера и др.), что позволяет устранить его влияние (положительное, отрицательное) на выполнение установленного программой режима.

Научной основой цифровой технологии производства являются обоснованные режимы (ритмы) выполнения операций, обеспечивающих достижение качественных, экономических и экологических параметров как конечного продукта, так и стадий его производства. Постоянное уточнение и корректировка этих режимов и параметров на основе новейших результатов исследований, учета новых требований к выполнению процессов, технологий получения продукции, а также создание и массовое производство автоматизированных исполнительных механизмов и систем автоматизации, должно стать условием развития цифровых технологий.

В подотраслях животноводства, отличающихся многообразием и особенностями технологий производства различных видов конечной или промежуточной продукции можно выделить, как цифровые технологии производства отдельных видов продукции (производство яиц и мяса птицы), так и цифровые технологии выполнения отдельных процессов – облучение животных, поддержание параметров микроклимата, приготовление комбикормов, водоснабжение и поение животных.

Цифровизация производства определённого вида продукции животноводства предполагает автоматическое выполнение всех процессов и операций, необходимых для осуществления технологий получения конкретного вида и заданного качества (продукта, товара изделия), с требуемыми экономическими и экологическими параметрами.

Специфические условия производства продукции сельского хозяйства, обусловленные влиянием различных условий и факторов – технологических, биологических, климатических, организационно-экономических, экологических обуславливают как масштабы, так и специфические условия цифровизации.

Известно, что технология производства готовых различных видов товарных продуктов в животноводстве (молоко, откорм животных, шерсть) распадается на отдельные, обособленные технологические циклы (стадии) – воспроизводство, комплектование различных специализированных половозрастных групп животных, зооветеринарные процессы и операции и др., при выполнении которых участвуют операторы и специалисты.

В подотраслях животноводства экономические результаты деятельности зависят в значительной мере от породного состава и качества животных, обусловленных уровнем ведения племенной и зооветеринарной деятельности – выращивание молодняка, осеменение, подбор наиболее эффективных для конкретных условий пород и специализации животных и т.п. Указанные виды деятельности и стадии технологий производства при всех уровнях интенсификации могут осуществляться на основе применения человеческого интеллекта – квалификации специалистов и обслуживающего персонала. Успех выращивания телят и поросят, прежде всего их сохранность, прирост, затраты на ветобслуживание зависят от правильного и своевременного выполнения послеродовых операций, которые, при всяких организационных и экономических условиях ведения подотраслей и технологий производства, выполняются под наблюдением и с участием специалистов и операторов. По видимому, эта специфическая особенность технологии производства продукции животноводства сохранится и в обозримом будущем осуществляться с применением ручного труда.

Развитие способов и средств механизации и автоматизации для выполнения процессов в животноводстве на основе новых научных результатов будут способствовать повышению эффективности производства продукции. Поэтому мы не можем согласиться с революционными лозунгами многих ученых России о том, что традиционные ресурсы повышения эффективности животноводства практически иссякли и необходимо переходить к цифровому животноводству. [1]

На современном этапе развития необходимо расширять масштабы применения цифровых автоматизированных технологий выполнения производственных процессов или групп процессов и операций, к числу которых следует отнести – процессы кормления животных – приготовление и раздача кормовых смесей для различных половозрастных групп животных и птицы, доение коров;

- сбор, сортировка и обработка яиц;
- очистка помещений от экскрементов и приготовление компостов;
- обеспечение параметров микроклимата в помещениях для содержания различных половозрастных групп животных;
- очистка, охлаждение и хранение молока;
- приготовление комбикормов заданной рецептуры;
- выращивание, доращивание и откорм свиней, крупного рогатого скота, птицы на основе применения автоматически управляемых комплексов машин;
- клеточное и напольное содержание птицы яичного и мясного направлений;
- применение специальных видов электрической энергии для облучения и обогрева животных, санитарной обработки помещений;
- водоснабжение объектов, поение животных и птицы.

Необходимым условием для применения цифровых технологий осуществления операций по отмеченным группам процессов является научное обоснование и корректировка существующих условий и нормативов их осуществления, включающих режимы, графики, время выполнения (проведения), качественные параметры режимов выполнения процессов – состав кормовых смесей, питательность кормов, степень их измельчения и смешивания, масса выдаваемых кормов на 1 п.м. кормового желоба, оптимальные параметры среды в помещениях для различных видов и возрастных групп животных и птицы (температура, влажность, содержание CO₂) влияние на экологию и др.

С учетом отмеченного, технологические параметры и режимы выполнения процессов и операций необходимо перманентно уточнять и обновлять с учетом полученных новых научных результатов. Результаты таких исследований станут и основой корректировки режимов функционирования машин и систем автоматизации, требований техники безопасности, параметров среды для эффективного использования пород животных и птицы.

В современных условиях возрастают требования к охране окружающей среды, техники безопасности, санитарно-гигиеническим условиям труда социальную, экологическую и экономическую значимость.

Достижение высоких экономических результатов производства на основе применение цифровых технологий может быть обеспечено как на вновь создаваемых объектах, так и на объектах, подлежащих модернизации. [2]

Применение цифровых автоматизированных технологий и усиление концентрации предопределяют необходимость обеспечения высокой стабильности производства, исключающих риски и потери из-за заболеваний животных, обеспечения кормами и балансирующими добавками, перерывами энергоснабжения, нарушения режимов техобслуживания и т.п.

Исследованиями многих авторов (Дородных Д.И. [3], Стрекозов Н.И. [4]) установлено, что высокоэффективные технологии производства молока более чувствительны к отклонениям от требуемых режимов содержания и кормления животных, ветеринарного обслуживания, параметрам микроклимата в помещениях, качеству сбалансированности кормов по белку, углеводам и др. Поэтому величина ущерба и потерь в них от нарушения несоблюдения требуемых технологических параметров более существенно по сравнению с объектами с низким уровнем интенсификации производства.

По данным исследований Дородных Д.И. для производства молока по высокоинтенсивным технологиям необходимо с целью повышения стабильности, производственной и финансовой устойчивости осуществлять устойчивое, стабильное обеспечение кормовой базы требуемого качества посредством создания страховых запасов и проведение ветеринарно-профилактических мероприятий в соответствии с установленным графиком. [3]

На основе проведенных исследований в известной в стране агрофирме «Дмитрова Гора» Конаковского района Тверской области при высокоинтенсивной технологии производства молока от 3565 коров продуктивностью 9470 л молока установлено, что создание страховых запасов кормов позволяет повысить рентабельность производства молока с 30,4 до 32,1% и увеличить денежные поступления от его реализации на 10,8 млн руб. в год при затратах на производство страховых запасов кормов 8,5 млн руб. Применение высококвалифицированной ветеринарной службы позволяет сохранить на необходимом уровне здоровье животных и исключить снижение их продуктивности. К числу наиболее распространенных заболеваний КРС при содержании их без подстилки в помещениях с высокой влажностью относятся копытные заболевания, заболевания органов пищеварения, а также мастит вымени, которые приводят не только к снижению продуктивности коров и качеству молока, но и увеличению затрат на лечение

В агрофирме «Дмитрова Гора» затраты на проведение ветеринарных мероприятий составляют 6,5 тыс. руб. в год на корову или 71,0 руб. на центнер молока или 4,4% в структуре его себестоимости.

По данным исследований Дородных Д.И. за счет проведения ветмероприятий обеспечена сохранность высокой продуктивности коров на уровне 94,6 ц молока в год или предотвращено снижение их молочной продуктивности на 0,93 ц в год.

Литература

1. Иванов Ю. А. Цифровое животноводство. Перспективы развития / Ю. А. Иванов // Вестник ВНИИМЖ. – 2019. – С. 4–7.
2. Морозов Н. М. Инновационная техника и цифровые технологии – важные факторы повышения эффективности производства продукции животноводства / Н. М. Морозов // Экономика сельского хозяйства России. – 2018. – № 2. – С. 15–23.
3. Дородных Д. И. Направления и факторы устойчивого развития высокоинтенсивного молочного скотоводства (на материалах Тверской области) // Автореферат диссертации канд. экон. наук: 08.00.05 / Д. И. Дородных: ФГОУ ВПО МГАУ. – Москва, 2019. – 24 с.
4. Стрекозов Н. И. Эффективность инноваций в молочном скотоводстве России // Вестник ВНИИМЖ. – 2019. – № 2. – С. 16–20.

СОДЕРЖАНИЕ

Яковчик С. Г., Бакач Н. Г., Салапура Ю. Л., Володкевич В. И., Лойко С. Ф., Кислов Е. В. Механизация технологических процессов возделывания и первичной переработки льна-долгунца в Республике Беларусь . . .	3
Степук Л. Я., Яковчик С. Г., Лепешкин Н. Д., Бегун П. П. Агрегат для удаления навоза АНМ-10	8
Ленский А. В., Жешко А. А. Перспективы применения данных о метеонаблюдениях для моделирования технологий в растениеводстве	14
Лойко С. Ф., Похиленко Е. Н. Обоснование принципиальной схемы пневматической высевальной системы для льна и мелкосемянных культур	16
Кислов Е. В., Рапинчук А. Л., Перепечаев А. Н., Винченко Н. Г. Компьютерная оптимизация режимов работы сушильной машины МСТ-2	18
Бакач Н. Г., Володкевич В. И., Шах А. В., Новиков А. В. Формирование системы перспективных машин для реализации инновационных технологий в растениеводстве Республики Беларусь	24
Паркалов И. В., Дыба Э. В. Перспективы развития звероводства в Республике Беларусь	29
Дыба Э. В. Результаты государственных приемочных испытаний комплекта оборудования КОДМ	36
Паркалов И. В., Дыба Э. В. Методы переработки боенских отходов в корм для пушных зверей	42
Микульский В. В., Лабоцкий И. М., Бернацкий А. А. Определение технологических и энергетических показателей процесса уплотнения сенажной массы тракторным агрегатом, оснащенным виброуплотнителем	49
Голдыбан В. В., Курилович М. И. Создание базы данных некондиционных клубней картофеля для машин автоматической инспекции	54
Лабоцкий И. М., Трофимович Л. И. Устройство для ускорения сушки скошенных трав	58
Голдыбан В. В., Игнатчик А. А. К разработке сепаратора для отделения картофеля от комков почвы и камней	60
Клыбик В. К., Новиков М. И. Существующие схемы отбора проб почвы, используемые при агрохимическом обследовании полей	64
Передня В. И., Бакач Н. Г., Жилич Е. Л., Кувшинов А. С. Определение оптимальных параметров устройства, способствующего сохранению качества кормов при применении мобильных смесителей-раздатчиков	68
Лепешкин Н. Д., Мижурин В. В., Заяц Д. В. Статистическая оценка продольного распределения трудносыпучих семян трав дозирующим устройством с активирующими элементами	75
Передня В. И., Жилич Е. Л., Кувшинов А. А., Яцынович Н. А. Исследование влияния нагрева зерновых компонентов на процесс их экструзионной обработки	80
Лепешкин Н. Д., Мижурин В. В., Заяц Д. В., Зубенко Д. В. Результаты исследований процесса высева трудносыпучих семян трав дозирующим устройством с активирующими элементами	84
Юрин А. Н., Игнатчик А. А., Викторovich В. В. Актуальность проблемы дефицита плодов и ягод в Республике Беларусь и пути ее решения	89
Лепешкин Н. Д., Мижурин В. В., Заяц Д. В. Конструкция дозирующего устройства для высева трудносыпучих семян трав	96
Юрин А. Н., Прокопович Г. А., Клыбик В. К., Викторovich В. В. Разработка системы технического зрения для распознавания дефектов плодов различных культур технологической линии сортировки и фасовки яблок ЛПС-4	98
Лепешкин Н. Д., Мижурин В. В., Заяц Д. В. Исследование дозирующего устройства типа «ACCORD» при высева трудносыпучих семян трав	103
Юрин А. Н., Викторovich В. В. Проблема механизированной обработки междурядий и рядов питомников и ягодников	109
Салапура Ю. Л., Салапура М. Н. Эволюция систем высева зерновых сеялок	117
Капустин Н. Ф., Тарас В. А., Величко В. В. Выработка метана при анаэробной биоферментации соломы рапса	120

Клыбик В. К., Никончук В. В. Современные технологии производства комбикормов для ценных пород рыб в аквакультуре Республики Беларусь	122
Передня В. И., Радчиков В. Ф., Жилич Е. Л., Цай В. П., Кот А. Н., Бесараб Г. В. Продуктивность коров при скармливании зерновой патоки	125
Михайловский Е. И. Агропромышленный маркетинг как фактор повышения эффективности функционирования предприятий АПК	130
Бегун П. П., Рассошенко К. М. Луцильник дисковый ромбовидный ЛДР-9	133
Дударев И. Н. Исследование процесса перемещения сыпучего материала решетом сепаратора ножничного типа	137
Михайленко И. М. Управление агротехнологиями и роботизированные средства реализации	142
Павлова О. Ю., Литвинович А. В., Шевченко Е. Е. Изменение величины рН дерново-подзолистой почвы при известковании крупными фракциями отсева доломита	146
Мухина И. М., Рижия Е. Я., Бучкина Н. П. Влияние биоугля на эмиссию закиси азота и эффективность использования удобрений	150
Саитов А. В., Курбанов Р. Ф., Саитов В. Е. Новые технические решения для выделения ядовитых примесей из зерна	154
Хоменко С. М., Герук С. Н. Уточнение методики расчета установки верхнего барабана разбрасывателя органических удобрений	158
Шпанев А. М., Смук В. В. Оптимизированная технология интегрированной защиты посадок продовольственного картофеля на северо-западе РФ	163
Петриченко Е. А., Герук С. Н. Обоснование схемы и параметров комбинированного удобрительно-посевного агрегата	166
Петрашев А. И. Шланговый подогреватель вязкой мастики	172
Черноиванов В. И., Цой Ю. А., Толоконников Г. К., Передня В. И., Бакач Н. Г., Жилич Е. Л. К вопросу создания «умной» молочной фермы	177
Докин Б. Д., Алетдинова А. А., Цыбина Я. С. Изменение потребности в трудовых ресурсах при варьировании интенсивностью технологий растениеводства	186
Ахалая Б. Х., Старовойтов С. И., Еремин П. А., Золотарев А. С., Квас С. А., Иванов М. В. Ресурсосберегающие пневматически высевающие аппараты	190
Ахалая Б. Х., Старовойтов С. И., Квас С. А., Золотарев А. С., Гайко О. А., Адамия Л. С. Почвообрабатывающий агрегат альтернативной обработки почвы	193
Гриднев П. И., Гриднева Т. Т. Новые технические средства для уборки навоза из животноводческих помещений	197
Радчиков В. Ф., Сапсалева Т. Л., Передня В. И., Жилич Е. Л., Люндышев В. А., Карповский В. И., Трокоз В. А., Брошков М. М. Повышение продуктивности молодняка крупного рогатого скота путём скармливания биологически активной добавки	200
Передня В. И., Цой Ю. А., Жилич Е. Л., Кувшинов А. А., Романович А. А. Приоритетные направления агроинженерных разработок для молочного скотоводства	206
Скорб И. И. Реологические характеристики и свойства жидкого навоза при его накоплении в каналах гидравлических систем	211
Гуськов В. В., Поварехо А. С., Лысанович П. В. Некоторые вопросы оптимизации параметров движителя многоцелевых колёсных машин	214
Морозов Н. М. Развитие инновационных технологий в животноводстве России	222

Научное издание

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС
В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

Материалы
Международной научно-технической конференции
(Минск, 17–18 октября 2019 г.)

Редактор-корректор Е. В. Корзун
Компьютерная верстка И. В. Счеснюк

Подписано в печать 02.10.2019. Формат 60×84 $\frac{1}{8}$.
Бумага офсетная. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 26,51. Уч.-изд. л. 18,2. Тираж 130 экз. Заказ 240.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Республиканское унитарное предприятие «Издательский дом
«Беларуская навука». Свидетельства о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/18 от 02.08.2013, № 2/196 от 05.04.2017.
Ул. Ф. Скорины, 40, 220141, г. Минск.