



Национальная академия наук
Беларуси
Республиканское унитарное
предприятие
«Научно-практический центр
Национальной академии наук
Беларуси
по механизации сельского
хозяйства»

И МЕХАНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Межведомственный тематический сборник
Основан в 1968 году

Выпуск 54

Минск
«Беларуская навука»
2020

УДК [631.171+633/635+636]:631.152.2(085)

В сборнике опубликованы основные результаты исследований по разработке инновационных технологий и технических средств для их реализации при производстве продукции растениеводства и животноводства, рассмотрены вопросы технического сервиса машин и оборудования, использования топливно-энергетических ресурсов, разработки и применения энергосберегающих технологий, электрофикации и автоматизации.

Материалы сборника будут полезны сотрудникам НИИ, КБ, специалистам хозяйств, студентам ВУЗов и колледжей аграрного профиля.

Редакционная коллегия:

доктор технических наук, профессор, член-корреспондент НАН Беларуси **П. П. Казакевич** (главный редактор);

кандидат сельскохозяйственных наук **Д. И. Комлач**

(зам. главного редактора);

доктор технических наук, доцент, член-корреспондент НАН Беларуси **В. В. Азаренко**;

доктор технических наук, профессор, член-корреспондент УААН **В. И. Кравчук** (Украина);

доктор технических наук, профессор, академик РАН **Н. М. Морозов** (Российская Федерация);

доктора технических наук, профессора **В. Н. Дашков, В. О. Китиков, Я. П. Лобачевский** (Российская Федерация),

В. Романюк (Республика Польша), **П. А. Савиных** (Российская Федерация),

В. И. Передня, Л. Я. Степук, В. П. Чеботарев, И. Н. Шило;

кандидаты технических наук, доценты **Н. Г. Бакач, А. Н. Басаревский,**

А. А. Жешко, В. К. Клыбик, Н. Д. Лепешкин, Ю. Л. Салапура,

кандидаты технических наук **А. Н. Юрин, И. В. Барановский, В. В. Голдыбан, Н. Ф. Капустин, И. М. Лабоцкий, А. Л.**

Рапинчук, В. В. Чумаков;

кандидат экономических наук **А. В. Ленский**

Рецензенты: доктор технических наук, доцент, член-корреспондент НАН Беларуси **В. В. Азаренко**; доктора технических наук, профессора

В. Н. Дашков, В. И. Передня, В. О. Китиков, Л. Я. Степук, В. П. Чеботарев, И. Н. Шило, В. И. Володкевич

Приказом Председателя ВАК Республики Беларусь от 4 июля 2005 года № 101 межведомственный тематический сборник «Механизация и электрификация сельского хозяйства» (РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства») включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по техническим наукам.

© РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», 2020

© Оформление. РУП «Издательский дом «Беларуская навука», 2020

Д.И. Комлач, Н.Г. Бакач, Ю.Л. Салапура
 РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
 г. Минск, Республика Беларусь
 e-mail: belagromech@tut.by

СОВРЕМЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ТЕХНИКА ДЛЯ МЕХАНИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

В статье представлены разработки современной сельскохозяйственной техники для реализации технологий производства растениеводческой продукции в Республике Беларусь.

Ключевые слова: механизация, технологические процессы, сельскохозяйственная техника, обработка почвы, посев, внесение удобрений, заготовка кормов, уборка ягод, транспортно-технологическая система, возделывание и уборка льна.

D.I. Komlach, M.G. Bakach, Y.L. Salapura

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

MODERN AGRICULTURAL MACHINERY FOR MECHANIZATION OF TECHNOLOGICAL PROCESSES IN CROP PRODUCTION

The article presents the development of modern agricultural machinery for the implementation of crop production technologies in Belarus.

Keywords: mechanisation, technological processes, agricultural machinery, soil treatment, sowing, fertiliser application, forage harvesting, berry harvesting, transport and technological system, flax cultivation and harvesting.

Введение

Сельское хозяйство является важной отраслью экономики Республики Беларусь и ориентировано на крупнотоварное производство сельскохозяйственной продукции (рис. 1, по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь), что обуславливает, соответственно, и развитие средств механизации в данном направлении. При этом увеличение производства и повышение качества сельскохозяйственной продукции возможно лишь на основе интенсификации производства, включающей в себя комплекс агротехнических, агроэкологических и организационно экономических мероприятий [1], направленных на совершенствование технологий и создание средств механизации для их осуществления.



Рис. 1. Структура продукции сельского хозяйства по категориям хозяйств

(в процентах к итогу; в текущих ценах)

Основная часть

Одним из направлений создания технических средств, для нужд агропромышленного комплекса в Республике Беларусь, является реализация подпрограммы «Белсельхозмеханизация» государственной научно-технической программы «Агропромкомплекс-2020», 2016–2020 годы.

С целью повышения эффективности использования технического потенциала сельского хозяйства, ведется создание нового поколения техники для реализации энергоресурсосберегающих технологий.

Создание новых комплексов машин и оборудования, в период 2016–2020 г., осуществлялось в соответствии с «Комплексным планом по реализации концепции 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». Цель работы – загрузка энергонасыщенных тракторов с мощностью двигателя свыше 250 л.с.

В области обработки почвы для снижения производственных затрат на выполнение технологических операций созданы:

- 12-ти корпусный плуг ПО-(8+4)/40 (рис. 2), который имеет возможность работы также вне борозды и комплектуется дополнительным оборудованием (предплужниками, уширителями борозды, приставками для дополнительной обработки пласта), а особенности конструкции колесного хода позволяют уменьшить радиус поворота;

- луцильник дисковый ромбовидный шириной захвата 9 метров ЛДР-9 (рис. 3), предназначенный для лушения стерни зерновых и полупаровых обработок зябей и обеспечивающий высокую производительность, а также качество выполнения технологического процесса.

В области посева зерновых культур отмечается тенденция на применение комбинированных почвообрабатывающе-посевных машинах, увеличение рабочей ширины захвата машин и применение сеялок для посева по стерне или мульче. Перед разработчиками встает вопрос по обеспечению посева сельскохозяйственных культур в кратчайшие сроки, сокращению чрезмерных потерь почвенной влаги на необходимой глубине и при минимальном числе технологических операций.

В этом направлении разработан агрегат почвообрабатывающе-посевной АПП-9 (рис. 4.), предназначенный для посева зерновых и других культур с одновременным локальным внесением гранулированных минеральных удобрений. Отличительной особенностью агрегата является возможность унификации сошниковых брусков для рядового посева и для точного высева пропашных культур.



Рис. 2. 12-ти корпусный оборотный плуг
ПО-(8+4)/40



Рис. 3. Луцильник дисковый
ромбовидный ЛДР-9

В области внесения минеральных удобрений, для обеспечения точного дозирования и сокращения числа технологических операций, снижения отрицательного воздействия на окружающую среду и внедрения систем прецизионного земледелия, созданы высокоточные рабочие органы к серийным центробежным машинам для внесения твердых минеральных удобрений, конкретно к машинам РМУ-11000 и их аналогам (рис. 5), которые обеспечивают равномерность распределения минеральных удобрений по площади поля (до 10 %).



Рис. 4. Агрегат почвообрабатывающе-посевной АПП-9



Рис. 5. Распределитель штанговый к
рассеивателю минеральных удобрений
РМУ-11000

животноводства также невозможно без создания устойчивой кормовой базы, сбалансированной по основным компонентам, а особенно по белку. Здесь важную роль играют технологии и техническое обеспечение заготовки травяных кормов [3].



Рис. 6. Комбайн полурядный
ягодоуборочный КПА

Кроме того, важной задачей для Республики Беларусь является самообеспечение населения страны фруктами и ягодами, находящееся сегодня на уровне 62 %, что, в результате, приводит к необходимости импорта свежей плодово-ягодную продукцию на рынки республики.

Следует отметить, что плодородическая отрасль во всех странах мира основывается на механизации большинства трудоемких процессов: предпосадочная обработка почвы и разбивка садовых кварталов; выкопка ям, посадка плодовых деревьев и ягодников; химическая защита садов и ягодников, обрезка деревьев и обработка почвы, уборка урожая кустарниковых (черная и красная смородина, крыжовник), сбор семенных и косточковых плодов, транспортные работы, сортировка, упаковка плодов и др. [2].

Работая в этом направлении, сотрудники РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», для механизации процессов уборки плодово-ягодной продукции, создали комбайн полурядный КПА (рис. 6), обеспечивающий уборку ягод смородины, аронии, крыжовника, шиповника, и, соответственно, обеспечивающий снижение затрат до 30 % в сравнении с аналогами.

Увеличение производства продукции

Для заготовки высококачественных кормов разработаны:

- агрегат АРУК-5, предназначенный для распределения и уплотнения кормов при закладке на хранение в траншейные хранилища, позволяющий повысить производительность процесса на 30 % в сравнении с традиционной технологий;

- накопитель тюков к тюковым пресс-подборщикам НТ-3 (рис. 7), предназначенный для приема, накопления и упорядоченной выгрузки (группирования) тюков на поле, что обеспечивает ускорение последующей погрузки их в транспортное средство на 25–30 %;

- устройство для повторного плющения и вспушивания скошенных трав УПВТ-4 (рис. 8), обеспечивающее ускорение сушки скошенных

трав в сравнении с традиционными способами заготовки кормов на 25–30 %.



Рис. 7. Опытный образец накопителя тюков НТ-3



Рис. 8. Опытный образец устройства для повторного плющения и вспушивания скошенных трав УПВТ-4,0

В тоже время интенсификация сельскохозяйственного производства тесно связана с ростом объема транспортных работ по перевозке сельскохозяйственных грузов. Значительный объем перевозок выполняется специализированными транспортно-технологическими средствами, которые совмещают функции транспортных и технологических машин (тракторные прицепные разбрасыватели удобрений, кормораздатчики и др.).

В данном направлении создана транспортно-технологическая система грузоподъемностью свыше 20 тонн СТТ-25 (рис. 9), которая имеет до 7 сменных адаптеров, что позволяет сельхозпроизводителям снизить финансовые затраты на приобретение отдельных транспортных и транспортно-технологических систем. Кроме того, применение в конструкции шасси системы принудительного подруливания колес улучшает маневренность, снижает износ шин и обеспечивает безопасное движение на крутых поворотах улиц и дорог.

Для республики льноволокно является стратегической и экспортно ориентированной продукцией. В мировом рейтинге страна на сегодняшний день занимает 3-4 позицию по его производству. При этом уборка – самый сложный и важный этап в культивировании льна. Здесь важно обеспечить жесткое соблюдение технологий и уложиться в оптимальные сроки, чтобы не допустить потерь, получить качественную льнотресту, а затем и льноволокно [4].

Для механизации технологических процессов возделывания и уборки льна создана ворошилка-вспушиватель лент льна ВВЛ-3 (рис. 10), обеспечивающая за один проход обработку одновременно трех лент льна шириной от 1,2 до 1,52 метра – это позволяет ее использовать независимо от ширины захвата уборочных машин.



Рис. 9. Система транспортно-технологическая СТТ-25



Рис. 10. Ворошилка-вспушиватель лент льна ВВЛ-3

Применение указанных разработок при возделывании сельскохозяйственных культур позволяет, при большей производительности, снизить затраты на выполнение технологических операций и повысить качество получаемой продукции.

Заключение

В настоящее время в Республике Беларусь ведется освоение производства на промышленных предприятиях новых комплексов машин и оборудования, в том числе и для загрузки тракторов с мощностью двигателя свыше 250 л.с., для реализации технологий производства растениеводческой продукции по всем основным направлениям от обработки почвы и посева до механизации технологических процессов возделывания и уборки основных сельскохозяйственных культур. Создаваемая сельскохозяйственная техника является инновационной и высокопроизводительной и по большинству основных показателей не уступает лучшим мировым аналогам, а новые технические решения защищены патентами Республики Беларусь.

Список использованных источников

1. Кычев, В.Н. Повышение производительности машинно-тракторных агрегатов на основе эффективного использования установленной мощности двигателей энергонасыщенных тракторов : автореф. дис. ... докт. техн. наук / В.Н. Кычев. – Челябинск, 1997. – 44 с.
2. Режим доступа: <https://belagromech.by/news/mehanizatsiya-trudoemkih-protsessov-v-sadovodstve/>, время доступа: 19.11.2020.
3. Техническое обеспечение технологий заготовки высококачественных кормов: рекомендации / В.В. Гракун [и др.]. – Жодино: НППЦ по животноводству, 2017. – 77 с.
4. Режим доступа: <https://www.belta.by/regions/view/v-shklovskom-rajone-prezentovali-pervye-obraztsy-otchestvennoj-louborochnoj-tehniki-360093-2019/>, время доступа: 19.11.2020.

Д.И. Комлач, В.В. Голдыбан, А.С. Воробей, И.А. Барановский

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

e-mail: labpotato@mail.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ

В статье определены прочностные свойства клубней картофеля при сжатии клубней картофеля, разрыве и обдире картофельной кожуры.

Ключевые слова: максимальные нагрузки, клубни картофеля, размерно-весовые характеристики, картофельная кожура, сжатие, разрыв, обдир.

D.I. Komlach, V.V. Goldyban, A.S. Verabei, I.A. Baranovsky

RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»

Minsk, Republic of Belarus

e-mail: labpotato@mail.ru

EVALUATION STRENGTH PROPERTIES THE TUBERS OF POTATOES

In article were evaluated strength properties the tubers of potatoes near process compression tubers of potatoes, pulling and twisting peel of potatoes.

Keywords: maximum loading, tubers of potatoes, size-masa characteristics, the peel of potatoes, compression, pull, twist.

Введение

Картофельная кожура, как внешняя ткань корнеплода, выполняет функцию защиты и сохранения свежести мякоти, создает решающую функцию, для проектирования картофелеуборочных машин. В этой статье были проведены исследования по определению прочностных свойств картофельных клубней, для чего были выбраны четыре сорта картофеля: среднеспелый – Скарб; среднеранний – Бриз; ранний – Лель; среднепоздний – Лилея. Прочностные свойства клубней определялись в ходе проведения испытаний на сжимающие нагрузки, растягивающие нагрузки и изгибающие нагрузки. Испытания проводились с использованием электронной универсальной испытательной машины Tinius Olsen H150K-U, (рис. 1). Для того чтобы правильно проектировать рабочие органы серийно выпускаемых машин от уборки до послеуборочной доработки картофеля, с целью минимизации потерь продукции, в процессе испытаний, были получены значения максимально допустимых нагрузок, возникающих в клубнях картофеля [1].

Основная часть

Факты показывают, что подавляющее большинство механических повреждений картофеля происходит в процессе уборки урожая. [2]. Механические повреждения и абразивное истирание серьезно влияют на урожайность и наносят повреждения клубням картофеля. В ходе всего комплекса от уборки до послеуборочной доработки, в клубнях картофеля возникают статические и динамические нагрузки, такие как сжатие, вибрация, столкновение, удар, а также другие формы нагрузок, формирующихся непосредственно в процессе обработки картофеля и имеющих форму пластического или хрупкого разрушений. Для того чтобы снизить механические повреждения, возникающие в клубнях картофеля, от его уборки до послеуборочной доработки, необходимо определить значения максимально допустимых нагрузок при сжатии клубней картофеля, разрыве и обдире кожуры клубня картофеля.

Для определения максимально допустимых сжимающих нагрузок, растягивающих нагрузок и изгибающих нагрузок, действующих на клубни картофеля, были выбраны четыре сорта картофеля с содержанием влаги от 80 до 86 %.

После определения размерно-весовых характеристик (табл. 1), клубни картофеля, в которых определялись сжимающие нагрузки, были промаркированы и упакованы в бумажные пакеты, а затем положены в холодильную камеру на хранение. Хранение продолжалось с 1 мая 2020 года по 18 мая 2020 года.

Т а б л и ц а 1. – Размерно-весовые характеристики клубней картофеля

№	Длина, мм	Толщина, мм	Ширина, мм	Вес, гр	Влажность, %
Сорт «Скарб»					
1	78	42	50	112	86,2
2	83	42	51	117	
3	80	44	57	124	
4	83	46	560	132	
Сорт «Бриз»					
1	78	45	44	114	81,3
2	69	47	57	110	
3	77	45	53	118	
4	72	44	54	113	
Сорт «Лель»					
1	60	47	58	107	80,3
2	64	41	55	0,88	
3	65	450	470	0,98	
4	58	44	54	0,84	
Сорт «Лилея»					
1	59	45	51	0,84	82,2
2	58	34	51	0,70	
3	60	45	47	0,82	
4	60	45	48	0,83	

По истечению срока хранения, клубни картофеля были отправлены на исследования по определению максимальных нагрузок на сжатие, на разрыв и на обдир.



Рис. 1. Универсальная испытательная машина Tinius Olsen H150K-U

В процессе уборки, хранения и транспортировки картофеля, как правило, подвергается различным нагрузкам в реальных условиях. Поэтому очень важно определить прочностные свойства целого картофеля в этих условиях. Подготовка испытаний картофеля на сжатие включала в себя выбор фиксированной скорости сжатия образца, составившую 15 мм/мин. Также был проведен однофакторный опыт по определению содержания влажности. Соответственно, для исследований были отобраны клубни картофеля четырех сортов. После определения влажности они были подвергнуты сжатию в направлении оси Z под влажосодержанием естественного хранилища. Для каждого сорта было проведено четыре повторных испытания при одинаковом содержании влаги. Данные были статистически проанализированы и взято среднее их значение. Во время испытания, в качестве нагрузочного устройства, использовались металлические диски (рис. 2). Весь клубень картофеля был помещен в центр между дисками.

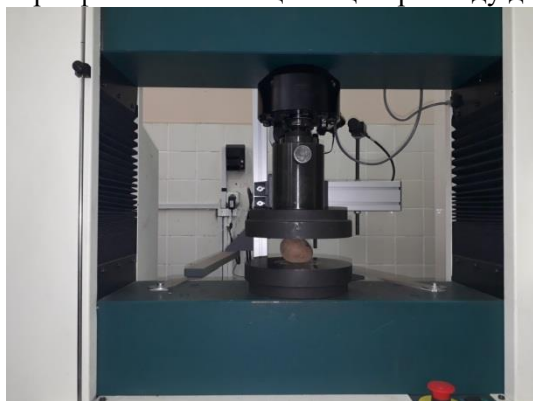


Рис. 2. Вид клубня картофеля при испытании на сжатие
После окончания опыта, данные о сжимающих нагрузках, заносились в табл. 2.

Т а б л и ц а 2. – Результаты испытаний на сжатие

Сорт картофеля	Максимальная нагрузка, H
«Скарб»	1267
«Бриз»	1405
«Лель»	995
«Лилея»	953

Исследования на сжатие клубней картофеля показали, что основной причиной влияния содержания влаги на прочность и сжатие картофеля состоит в том, что картофель является вязкоупругим твердым сельскохозяйственным материалом, а разное содержание влаги приводит к разнице его внутренней структуры и механической прочности. Чем выше содержание влаги, тем мягче внутренняя ткань картофеля и тем ниже устойчивость к его разрушению; при воздействии внешних нагрузок, жидкость внутри ячейки может вызвать воздействие внутреннего давления на стенку ячейки. Это позволяет клеткам находиться в состоянии упругого давления, проявляя упругие свойства, таким образом, картофель легко деформируется и его способность к сжатию уменьшается. По мере того как содержание влаги уменьшается, клеточное давление во внутренней ткани картофеля уменьшается, показывая увеличение жесткости и эластичности внутренней клеточной стенки, кроме того, внутренняя ткань плотно связана, твердость корнеплодов картофеля увеличивается.

В ходе проведенных испытаний было определено, что наиболее прочным является сорт Бриз, так как чтобы его разрушить, необходимо затратить сжимающую нагрузку равную 1405 Н , с содержанием влаги $86,2\%$. А наиболее легко поддающимся разрушению является сорт Лилея, которому достаточно нагрузки 953 Н , с содержанием влаги $82,2\%$.

Определение прочностных свойств на разрывающие нагрузки

Для определения прочностных свойств кожуры клубней картофеля были взяты фрагменты образцов кожуры картофеля, срезанных с наибольшей площади на корнеплоде: в продольном, а также поперечном направлениях.

Для испытаний на разрывающие нагрузки, кожура четырех сортов нарезалась специализированным инструментом (рис. 3 и рис. 4) на фрагменты с заданными параметрами: в ширину 15 мм , в длину – 40 мм , толщиной 2 мм . Два фрагмента двух клубней нарезались продольными нарезками – от верха клубня до низа, два – поперечными – от левого края клубня до правого (рис. 3 и рис. 4).

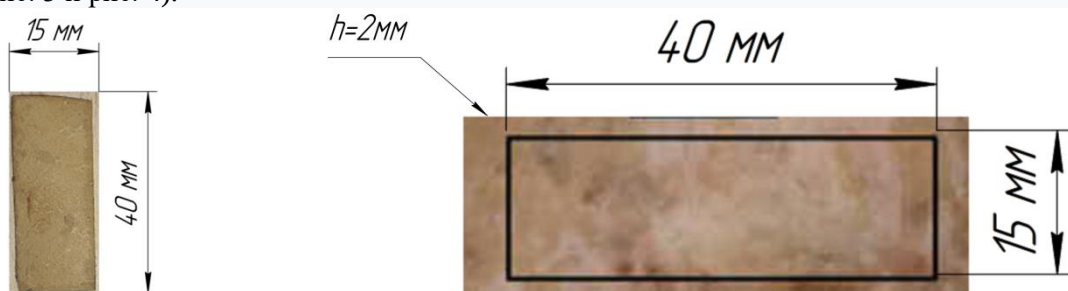


Рис. 3. Образец фрагмента кожуры клубня картофеля с заданными параметрами



Рис. 4. Инструмент для нарезки клубней картофеля на фрагменты

Для определения количества влаги во фрагментах картофельной кожуры, испытания проводились одновременно с исследованиями (рис. 5).



Рис. 5. – Испытание на разрыв кожуры картофеля

а) вставка фрагментов в металлические зажимы машины Tinius Olsen H150K-U, скорость перемещения металлических зажимов составила 1 мм/мин;

б) представлены зависимости приложенной нагрузки в Н от перемещения металлических зажимов в мм, а также зависимость приложенного напряжения в МПа от вызванной в картофельной кожуре деформации в %.

После того, как происходил полный разрыв фрагмента кожуры клубня картофеля, опыт прекращался. Данные разрывающих нагрузок заносятся в табл. 3.

Т а б л и ц а 3. – Результаты испытаний на разрыв

Сорт картофеля	Направление приложения нагрузки	Максимальная нагрузка, Н	Максимальное сопротивление, МПа
«Скарб»	Продольное	12,2	0,457
	Поперечное	13,9	0,514
«Бриз»	Продольное	14,6	0,541
	Поперечное	19,6	0,600
«Лель»	Продольное	11,6	0,482
	Поперечное	11,2	0,448
«Лилея»	Продольное	9,88	0,419
	Поперечное	9,8	0,384

После проведенных испытаний было определено, что наиболее прочной кожурой обладает сорт Бриз, так как на него необходимо затратить максимальную нагрузку на разрыв в продольном направлении, равную 14,6 Н, при которой сопротивление разрыву будет равно 0,541 МПа; в поперечном направлении нагрузка составила 19,6 Н, а сопротивление разрыву 0,600 МПа. Наиболее легко поддающийся разрыву является сорт Лилея, которому достаточно приложенных нагрузок в продольном направлении – 9,88 Н – сопротивление разрыву составило 0,419 МПа, а в поперечном направлении – 9,8 Н, при сопротивлении 0,384 МПа, соответственно

Клубни картофеля как показано на рис. 6, для проведения исследования на изгибающие нагрузки, нарезались в поперечном направлении фрагментами с заданными параметрами – 15 мм в ширину и 40 мм в длину.

Фрагменту кожуры картофельного клубня, делался надрез в центре по следующим параметрам: 15 мм в ширину, 40 мм и в длину 7,5 мм от края до середины и сверху вниз до середины 20 мм.

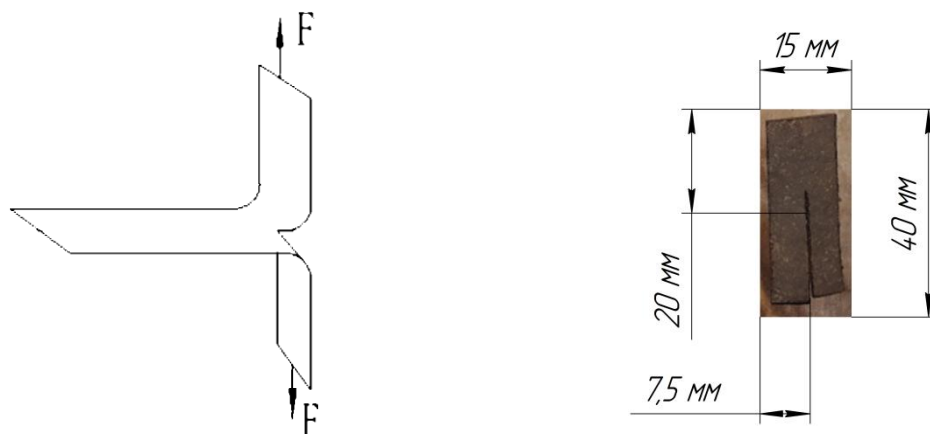


Рис. 6. Вид фрагмента кожуры клубня картофеля, для проведения испытания на обдир [3]

Фрагмент кожуры клубня картофеля за края вставлялся в металлические зажимы машины Tinius Olsen H150K-U (рис. 7) и растягивался. Скорость металлических зажимов составила 1 мм/мин.



Рис. 7. Испытание на обдир образцов кожуры картофеля

Испытания продолжались до тех пор, когда нагрузка не начинала уменьшаться. Результаты испытаний приведены в табл. 4.

Т а б л и ц а 4. – Результаты испытаний на обдир

Сорт картофеля	Максимальная нагрузка, Н
«Скарб»	0,597
«Бриз»	0,624
«Лель»	0,586
«Лилея»	0,470

После проведенных испытаний было определено, что наиболее прочной кожурой при обдире обладает сорт Бриз, так как на него необходимо приложить нагрузку в поперечном направлении 0,624 Н. А наиболее легко поддающимся обдире является сорт Лилея, которому достаточно приложенной нагрузки в поперечном направлении, равной 0,470 Н.

Заключение

1. В ходе проведенных испытаний было определено, что наиболее прочным является сорт Бриз, так как чтобы его разрушить, необходимо затратить сжимающую нагрузку равную 1405 Н. А наиболее легко поддающимся разрушению является сорт Лилея, которому достаточно нагрузки 953 Н.

2. После проведенных испытаний было определено, что наиболее прочной кожурой обладает сорт Бриз, так как на него необходимо затратить нагрузку на разрыв максимальную в продольном направлении равную 14,6 Н, при которой, сопротивление разрыву будет равно 0,541 МПа. В поперечном направлении нагрузка составила 19,6 Н, а сопротивление разрыву 0,600 МПа.

3. Наиболее легко поддающимся разрыву является сорт Лилея: достаточно приложенных нагрузок в продольном направлении 9,88 Н, при которой сопротивление разрыву составило 0,419 МПа, а в поперечном направлении 9,8 Н, при сопротивлении 0,384 МПа соответственно.

4. В результате проведенных испытаний было определено, что наиболее прочной кожурой при обдире обладает сорт Бриз, так как на него необходимо приложить нагрузку в поперечном направлении 0,624 Н. А наиболее легко поддающимся обдире является сорт Лилея, которому достаточно приложенной нагрузки в поперечном направлении равной 0,470 Н.

Список используемых источников

1. Кузьмин, А.В., Мамичева, К.Н. Оценка пригодности сортов картофеля к индустриальной технологии возделывания и уборки. Технические средства для обеспечения интенсивных технологий возделывания и уборки сельскохозяйственных культур. СБ. научн. трудов Московского ин-та инж. с.х. пр-ва. Москва, 1989. – С. 82–87.
2. Junwei, Li. Mechanical properties and microstructure of potato peels / Li Junwei, Ma Yunhai, Tong Jin, Ma Zichao, Wang Lidong, Yu Jiangtao // Journal of Food Properties. – 2018, China. – VOL. 21. – N. 1. – P. 1395–1413
3. Zhiguo, Li. Mechanical Models of Compression and Impact on Fresh Fruits / Zhiguo Li, Fengli Miao, James Andrews // In Food Science and Food Safety. – 2017, UK, – v. 7. – P. 1296–1311.

Н.Д. Лепёшкин¹, В.В. Мижурин¹, 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

К ВЫБОРУ КОНСТРУКТИВНОЙ СХЕМЫ ДОЗИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ШИРОКОЗАХВАТНОЙ СЕЯЛКИ С ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ ПОДАЧЕЙ СЕМЯН

В статье произведено описание конструкции дозирующего устройства для перспективной широкозахватной пневматической сеялки с централизованной подачей семян.

Ключевые слова: дозирующее устройство, высев, семена.

N. D. Lepeshkin¹, V. V. Mizhurin¹, 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

TO THE SELECTION OF THE CONSTRUCTION DIAGRAM OF THE DOSING DEVICE FOR ADVANCED WIDE SEED DRILL WITH CENTRAL SEED FEED

The article describes the design of a metering device for a promising wide-coverage pneumatic seeder with a centralized seed supply.

Keywords: dosing device, seeds.

Введение

В последние годы как за рубежом, так и в Республике Беларусь на посеве зерновых и зернобобовых культур широкое распространение получили широкозахватные сеялки и почвообрабатывающе-посевные агрегаты с пневматической системой высева и централизованной подачей семян. Примером таких посевных машин являются сеялки СПУ-6, С-9, СПП-9, агрегаты АППМ-6, АПП-9 и др. Перспективна и разработка аналогичных посевных машин шириной захвата 12 метров.

Однако, как показывает практика, дозирующие устройства, применяемые в системах высева указанных машин, не в полной мере обеспечивают требуемое качество распределения семян по полю, и, в первую очередь, по распределению их вдоль рядка. Кроме того, в состав таких систем, как правило, входят два дозирующих устройства, которые обеспечивают раздельную подачу семян к такому же количеству распределителей, что предопределяет необоснованно высокие затраты на их изготовление и обслуживание.

Целью данной работы является обоснование конструктивной схемы дозирующего устройства, способного обеспечить равномерную подачу семян как к одному, так и, при необходимости, к двум распределителям широкозахватной пневматической сеялки.

В результате планируется повысить качество распределения семян вдоль рядка, снизить затраты на изготовление и последующее обслуживание данного дозирующего устройства.

Основная часть

Анализ литературных источников [1,2,3], патентов [4], проспектов различных фирм и других материалов, касающихся конструкций дозирующих устройств, проведенный с учетом их достоинств и недостатков, а также соответствия предъявляемых к этим устройствам требований агротехники показал, что перспективные широкозахватные пневматические сеялки должны комплектоваться дозирующими устройствами механического типа и осуществлять высев семян без активного слоя. При этом в качестве рабочего органа должна использоваться катушка с постоянным рабочим объемом, причем лопасти (желобки) катушки должны быть наклонены к её оси.

Однако существующие конструкции дозирующих устройств, выполненные на базе вышеуказанных конструктивных и технологических требований, обладают рядом недостатков.

Во-первых, при использовании катушки с наклонными к её оси вращения лопастями, давление, оказываемое семенами, находящимися в верхней части корпуса дозатора на катушку, не установлено по всей её длине, что не обеспечивает одинаковую плотность семян в межлопастном пространстве, а, следовательно, и равномерность высева.

Во-вторых, при работе дозирующего устройства, у которого осуществляется высев семян без активного слоя, не исключено повреждение посевного материала, перемещающегося в межлопастном пространстве и особенно при малых зазорах между кромкой лопастей и внутренней поверхностью корпуса. Наряду с этим, при работе большинства таких дозирующих устройств, создается только один выходной поток семян, обеспечивающий работу только одного распределителя.

С учетом вышесказанного и для достижения поставленной цели, предлагается дозирующее устройство, состоящее из корпуса 1 (рис.), с установленной в нем катушкой 2, на которой под углом α , к оси её вращения 3, закреплены лопасти 4, образующие между собой межлопастное пространство. Катушка 2 по длине разделена на две равные части Б и В, между которыми установлена разделительная шайба 6. Лопасти 4 по длине выполнены с левым и правым направлением, закреплены на частях катушки Б и В под одинаковым углом α к оси её вращения, при этом $\alpha = 8...16^\circ$. Причем на одной части катушки закреплены лопасти с правым направлением, а на другой части – с левым направлением. Части катушки Б и В повернуты относительно друг друга на угол β , равный половине угла между лопастями γ . Кроме того, гибкий ограничитель 5 установлен в нижней части корпуса, в III квадранте, на границе зоны забора Г и сброса семян Д, а в верхней части корпуса 1 между корпусом и катушкой 2, в зоне забора семян Г, установлена ворошилка 7. Наряду с этим под разделительной шайбой 6, в зоне сброса семян Д, установлена разделительная пластина 8 имеющая зазор в 1...2 мм с разделительной шайбой 6.

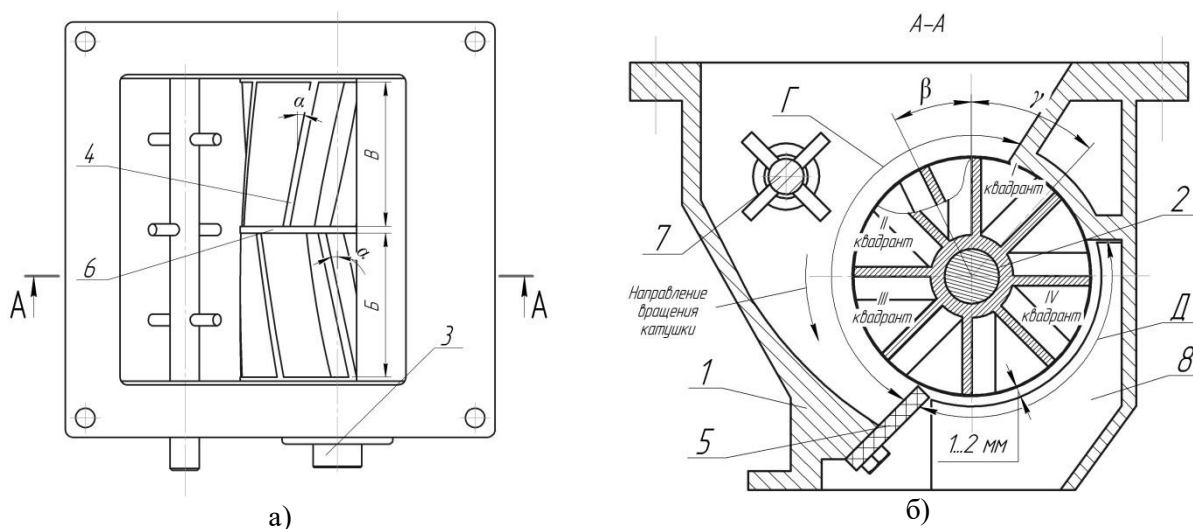


Рис. Схема предлагаемого дозирующего устройства

а – вид сверху; б – разрез А – А.

1 – корпус; 2 – катушка; 3 – ось вращения; 4 – лопасти; 5 – гибкий ограничитель; 6 – разделительная шайба; 7 – ворошилка; 8 – разделительная пластина

Дозирующее устройство работает следующим образом. Семена из бункера сеялки (не показан), самотеком поступают в зону забора семян Г. Ворошилка 7

служит для предотвращения образования семенами сводов над катушкой 2, а также способствует равномерному заполнению семенами межлопастного пространства образованного лопастями 4. В зоне Г при вращении против часовой стрелки катушки 2, закрепленной на оси 3, которая получает привод от приводного колеса или электродвигателя (не показаны), происходит одновременное заполнение семенами межлопастного пространства всех частей катушки Б и В. За счет того, что на частях Б и В катушки 2, которые разделены между собой разделительной шайбой 6, закреплены лопасти 4 с правым и левым направлением, а части катушки Б и В повернуты относительно друг друга на угол β , равный половине угла между лопастями γ , происходит равномерное заполнение семенами межлопастного пространства с одинаковой плотностью. Это в свою очередь сказывается на повышении равномерности высева семян.

Далее, после встречи лопастей 4, закрепленных на каждой из частей Б и В катушки 2, с гибким ограничителем 5 происходит сброс семян из межлопастного пространства каждой части катушки Б и В. При этом снижается повреждение семян, перемещающихся в межлопастном пространстве о стенку корпуса 1 в виду того, что гибкий ограничитель 5 установлен в III квадранте на границе зоны забора семян Г и зоны сброса семян Д.

Образуемые при этом с помощью разделительной пластины 8, установленной с зазором между разделительной шайбой 6 равным 1...2 мм, два равномерных потока семян направляются к двум распределителям (не показаны).

Регулировка нормы высева семян производится изменением частоты вращения катушки 2.

Заключение

Предложена конструктивная схема дозирующего устройства механического типа для перспективной широкозахватной пневматической сеялки с централизованной подачей семян.

Применение дозирующего устройства предложенной конструкции позволяет повысить равномерность высева, снизить повреждение семян и увеличить количество обслуживаемых распределителей посевной машины.

Список использованных источников

1. Лепешкин, Н.Д. Анализ дозирующих устройств посевных машин и определение путей их совершенствования для высева трудносыпучих семян трав / Н.Д. Лепешкин, В.В. Мижурин, Д.В. Заяц // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед.тематич.сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», Минск, 2018. – Вып. 51. – С. 114 – 119.
2. Бузенков, Г.М. Машины для посева сельскохозяйственных культур / Г.М. Бузенков, С.А. Ма. М.: Мшиностроение, 1976 – 272 с.
3. Фирсов, А.С. Анализ конструкций высевающих аппаратов для возделывания сельскохозяйственных культур / А.С. Фирсов, В.В. Голубев // Известия Оренбургского государственного аграрного университета, № 4 (42). 2013. – С. 85 – 88.
4. Лепешкин Н.Д. Исследование уровня патентования дозирующих устройств / Н.Д. Лепешкин, В.В. Мижурин, Д.В. Заяц // Механизация и электрификация сельского хозяйства : межвед.тематич.сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», Минск, 2018. – Вып. 51. – С. 103 – 106.

Н.Д. Лепёшкин¹, В.В. Мижурин¹, Д.В. Зубенко²¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

e-mail: mehposev@mail.ru²УО «Марьиногорский государственный ордена

«Знак Почета» аграрно-технический колледж имени В. Е. Лобанка»

п. Марьино, Республика Беларусь

К ОБОСНОВАНИЮ ТИПА ДОЗИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА К ПЕРСПЕКТИВНЫМ ШИРОКОЗАХВАТНЫМ МАШИНАМ ДЛЯ ПОСЕВА ЗЕРНОВЫХ И ДРУГИХ КУЛЬТУР

В статье произведен анализ дозирующих устройств посевных машин. На его основании определен тип дозирующего устройства и направление дальнейшего совершенствования конструкции для обеспечения качественных показателей, предъявляемых к процессу высева семян.

Ключевые слова: дозирующее устройство, катушка, высев, семена.

N.D. Lepeshkin¹, V.V. Mizhurin¹, D.V. Zubenko²¹SUE «SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization»

Minsk, Republic of Belarus

e-mail: mehposev@mail.ru²EE «Maryinogorsk state awards «Honour Sign» agrarian

and technical college of V. E. Lobanok»

s. Maryino, Republic of Belarus

TO THE JUSTIFICATION OF THE TYPE OF THE DOSING DEVICE TO THE PERSPECTIVE WIDE-COVERING MACHINES FOR SEEDING GRAIN AND OTHER CROPS

The article analyzes the metering devices of sowing machines, on its basis the type of metering device and the direction of further improving its design to ensure quality indicators for the sowing process are determined.

Keywords: metering device, spool, sowing, seeds.

Введение

Посев является одной из ответственных операций при возделывании сельскохозяйственных культур. Качественный посев с соблюдением агротехнических требований позволяет получить высокий урожай, окупить затраты труда и денежных средств на его осуществление.

Одним из основных рабочих органов посевной машины, влияющих на качество посева, является дозирующее устройство. Поэтому при выборе дозирующего устройства необходимо помнить, что оно должно отвечать следующим агротехническим требованиям [1]:

- неустойчивость общего высева не должна превышать для зерновых – 3 %, для зернобобовых – 5 % и для минеральных удобрений и трав – 10%;
- дробление семян зерновых культур должно быть не более 0,5 %, зернобобовых – не более 1 %;
- отклонение фактической нормы высева от заданной не должно превышать ± 5 % – для семян зерновых и зернобобовых культур, ± 10 % – для семян трав и ± 10 % – для удобрений.

Кроме этого, дозирующее устройство должно подавать посевной материал равномерно, без пульсаций, обеспечивая одинаковое расстояние между семенами вдоль рядка, независимо от заполнения бункера, рельефа поля, наклона посевной машины и изменения скорости ее движения, а также быть универсальным и легким в настройке.

Для удовлетворения указанных требований, по мере развития конструкций посевных машин, были предложены и предлагаются до настоящего времени различные типы дозирующих устройств. Однако несмотря на их многообразие, дозирующее устройство, полностью отвечающее предъявляемым к нему требованиям, до сих пор не создано.

В связи с этим, целью исследований, представленных в данной статье, является уточнение классификации дозирующих устройств с учетом новых технических решений; анализ конструктивных схем дозирующих устройств с определением их достоинств и недостатков; выбор

типа дозирующего устройства, качество работы которого наиболее полно отвечает предъявляемым к нему требованиям, что может стать основой для разработки устройства к перспективным посевным машинам.

Основная часть

Для анализа и оценки (с выявлением достоинств и недостатков) конструкций известных дозирующих устройств, нами предложена уточненная классификация (рис. 1), которая опирается на принцип действия дозирующих устройств, особенности выполняемого ими технологического процесса и используемые для этих целей рабочие органы. При разработке классификации были изучены и проанализированы литературные источники [2, 3], патенты Республики Беларусь, России, Украины, Германии, США, Японии, проспекты различных фирм и др. материалы, отражающие конструкцию дозирующих устройств посевных машин.

Известные к настоящему времени конструкции дозирующих устройств по принципу действия можно разделить на три типа: пневматические, пневмомеханические и механические (рис. 1).

Пневматические устройства в чистом виде не получили широкого распространения на посевных машинах из-за сложности конструкции. Наиболее распространены пневматические дисковые дозирующие устройства. Такие устройства устанавливаются в основном на сеялках точного высева. Например, устройства, работающие на принципе вакуума, установлены на сеялках СУПН-8, СУПН-6 (Украина), СПБ-8К, СПБ-12К, СТВ-107, СПКА-8 (Россия), СТВ-8К, 8КУ, 12, 12У (Беларусь), а также сеялках фирм Noted, Ebra, Rilolea, Riviere-Casalis (Франция), Gaspardo (Италия), Becker, Nassia (Германия) и др., а устройства, работающие на принципе нагнетания воздуха в семенную камеру, – на сеялках фирм Karl Becker, International Hurveter, Cyclo, Allis-Chalmers (США), Riviere-Casalis (Франция) и др.



Рис. 1. Классификация дозирующих устройств посевных машин

Что касается посева зерновых культур, то известно всего лишь несколько пневматических и пневмомеханических устройств, предназначенных для этих целей [4, 5], которые так и не были применены на серийных машинах из-за ряда недостатков, основными из которых являются необходимость поддержания постоянных параметров воздушного потока и сложности в установке норм высева. Поэтому по принципу действия наибольшее распространение получили механические дозирующие устройства [6] и, в первую очередь, механические устройства периодического действия. Дозирующие устройства непрерывного действия (вибрационные, центробежные, шнековые, ленточные, скребокковые), т.е. те устройства, у которых рабочий орган обеспечивает непрерывную подачу посевного материала, из-за ряда существенных недостатков применяются лишь на отдельных

посевных машинах. Так, вибрационные дозирующие устройства не могут дозировать посевной материал с различными физико-механическими свойствами и обладают низкой универсальностью, центробежные имеют высокую зависимость нормы высева от устойчивости движения посевной машины, а шнековые обладают высокой энергоемкостью и т.д.

Механические дозирующие устройства периодического действия, как и непрерывного действия, также весьма многообразны по конструкции. К ним относятся мотыльковые, ложечные, конвейерные, внутриреберчатые, катушечные и другие. Анализ конструкций этих устройств показывает, что, например, мотыльковый дозатор по своей конструкции является самым простым. Здесь рабочим органом выступает мотылек, который, как правило, имеет 6–8 крыльев, располагающихся радиально в плоскостях и проходящих через ось вращения либо под углом около 35° к плоскости вращения [7]. Семена высеваются через отверстия в дне или стенке бункера под действием вращающегося под отверстием мотылька 2 (рис. 2).

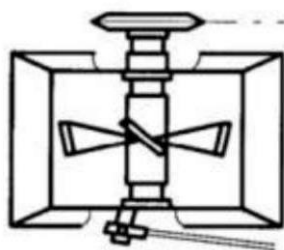


Рис. 2. Мотыльковое дозирующее устройство

Норму высева регулируют заслонками, изменяя выходное сечение окон. Несмотря на простоту конструкции, данный аппарат в настоящее время практически не используется, т.к. обладает рядом недостатков: количество высеваемого материала зависит от высоты насыпи семян в бункере, уклона местности и толчков.

Ложечные и конвейерные высевающие аппараты (рис. 3) работают по принципу вычерпывания [8, 9, 10, 11, 12].

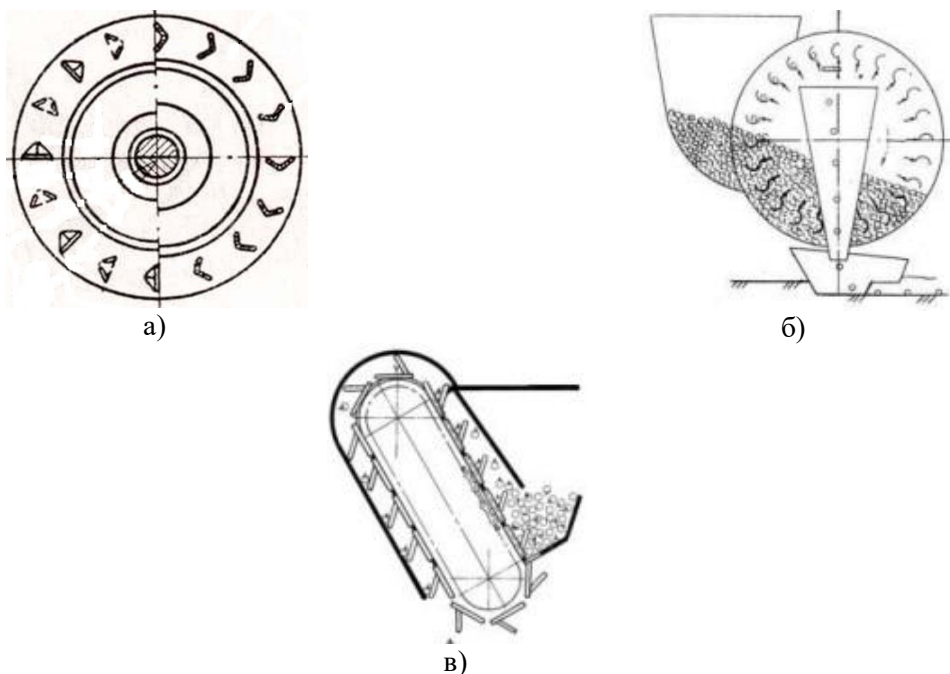


Рис. 5. Дозирующие устройства

а, б – ложечный высевающий аппарат; в – конвейерный аппарат

Здесь ложечки могут устанавливаться как индивидуально, так и группами. Геометрические параметры ложечек подбираются в соответствии с физико-механическими характеристиками

высеваемого материала. Поэтому механизатору приходится иметь ряд комплектов ложечек и менять их при каждом переходе с культуры на культуру. Кроме того эти аппараты очень чувствительны к толчкам и наклонам, неудобны в обслуживании и сложны в настройке на заданные нормы высева.

Внутриреберчатое дозирующее устройство применяется для высева зерновых и некоторых крупносемянных культур (рис. 4).

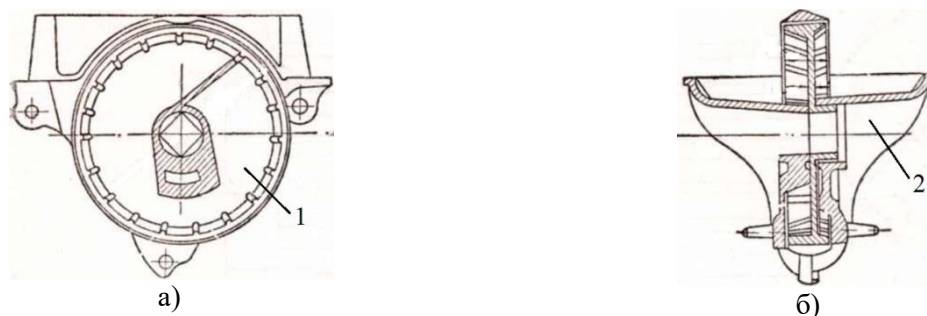


Рис. 6. Внутриреберчатое дозирующее устройство

а – вид сбоку; б – вид спереди.

1 – диск; 2 – корпус дозатора

В данном устройстве высев регулируется частотой вращения диска 1, а в отдельных конструкциях шириной канала. Несмотря на то, что в описываемом устройстве влияние активного движения слоя семян сведено к минимуму, – оно также не получило широкого распространения из-за недостаточной универсальности.

В настоящее время наибольшее распространение в современных посевных машинах получили дозирующие устройства катушечного типа, которые в наибольшей мере удовлетворяют агротехническим требованиям при посеве семян различных культур [13, 14, 15].

Дозирующие устройства такого типа для обеспечения высева различных по размерам семян могут изготавливаться с переменным или постоянным рабочим объемом. Классическим примером дозирующих устройств с переменным рабочим объемом, обеспечивающих требуемые нормы высева как мелкосемянных (травы), так и среднесемянных (зерновые) культур являются устройства, включающие реберчатую катушку, муфту, подпружинный клапан и розетку с прорезями (сеялки семейства СЗ-3,6). Здесь изменение рабочего объема осуществлялось с помощью изменения длины рабочей части катушки и изменения зазора между катушкой и клапаном. В то же время для этих целей фирмы Lemken, Amazone, Rabe (Германия), Vederstadt (Швеция) используют комбинированные катушки, состоящие из катушек для высева мелко- и среднесемянных культур, на большинстве своих посевных машинах, а фирма Kverneland (Германия), Gaspardo (Италия) – катушку с изменяемой глубиной желобков. Последняя используется на отечественных сеялках СПУ.

Несмотря на свои преимущества и широкое распространение на посевных машинах при работе дозирующих устройств с переменным рабочим объемом, наблюдается пульсация потока высеваемых семян и неустойчивость нормы высева. Подобное объясняется наличием активного слоя для большинства дозирующих устройств. Поскольку толщина активного слоя непостоянная, ввиду ее зависимости от сил внутреннего трения между семенами, окружной скорости ребер желобков, вида семян, то и высев семян катушкой пульсирующе-порционный, а не равномерный. Кроме того, уменьшение длины рабочей части катушек также негативно сказывается на качестве высева. Для устранения указанных недостатков в последние годы ряд ведущих фирм по производству посевных машин используют для дозирования семян устройства, в которых отсутствует активный слой, а катушки являются сменными и имеют постоянный рабочий объем. При этом катушки могут быть выполнены желобчатыми, штифтовыми или ячеистыми (рис.5).

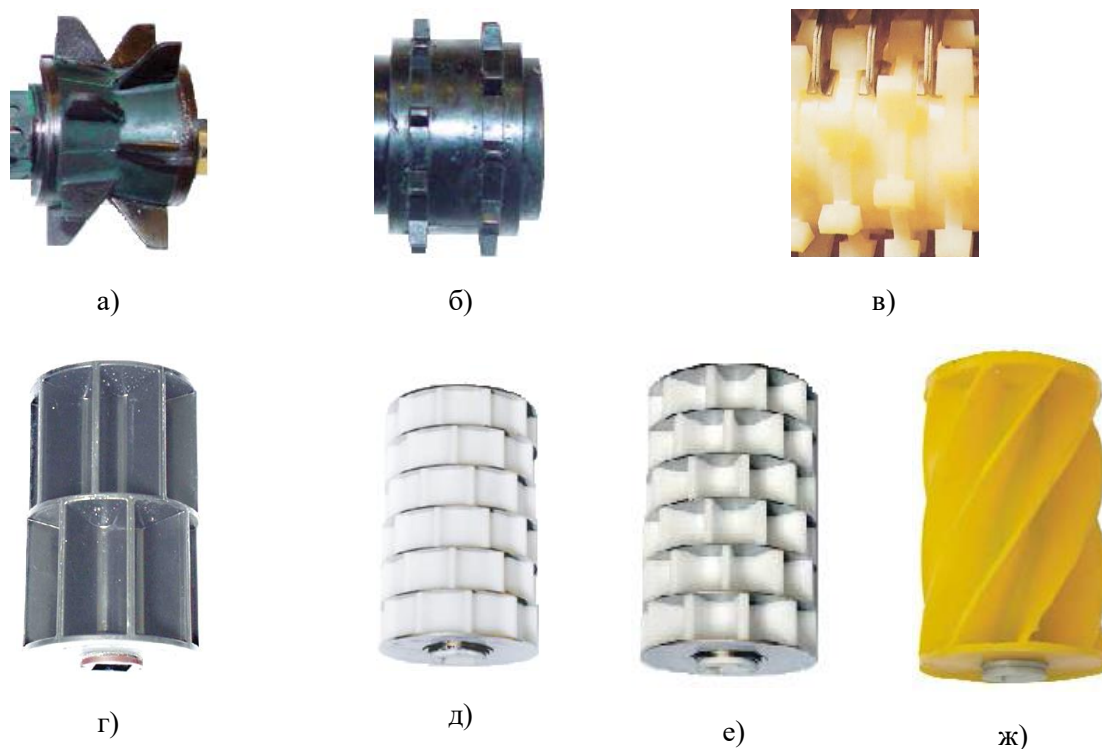


Рис. 5. Конструкции катушек дозирующего устройства

а, б, в – штифтовые катушки фирмы: Lemken, Amazone; г, д, е, ж – желобчатые катушки фирмы Amazone

Для снижения пульсаций, например, при использовании желобчатой катушки, катушка может быть изготовлена из нескольких частей, смещенных относительно друг друга (фирма Lemken, Amazone) или изготовлена с наклоном желобков к их оси вращения (фирма Morris, Amazone).

Таким образом, согласно классификации (рис. 1) дозирующее устройство для перспективных посевных машин по принципу действия должно быть механическим, по технологическому процессу – периодического высева, а типу рабочего органа – катушечным с постоянным рабочим объемом. При этом катушка должна быть желобчатой и состоять из нескольких частей, смещенных относительно друг друга; ребра желобков должны быть установлены под углом к оси вращения катушки. Поскольку активный слой в перспективном дозирующем устройстве должен отсутствовать, то при разработке его конструкции необходимо предусмотреть уплотнитель-формирователь посевного материала в желобках катушки.

Заключение

В результате проведенных исследований предложена уточненная классификация известных конструкций дозирующих устройств, отражающая их принцип действия, технологический процесс и тип рабочего органа.

Анализ достоинств и недостатков дозирующих устройств, проведенный с учетом предложенной классификации, показал, что системы высева перспективных посевных машин должны комплектоваться механическими дозирующими устройствами, которые осуществляют периодический высев без активного слоя, а в качестве рабочего органа должна использоваться катушка с постоянным рабочим объемом и наклоненными к ее оси желобками.

Список использованных источников

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.
2. Абакумов, А.В. Классификация высевающих аппаратов сеялок и выбор объекта исследования/ А.В. Абакумов // Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса России: сборник статей Международной научно-практической конференции молодых ученых. Том III / Пензенская ГСХА – Пенза : РИО ПГСХА, 2016 – С. 108 – 111.

3. Савельев, Ю.А. Анализ и классификация устройств для повышения качества дозирования семян трав высевальными аппаратами / Ю.А. Савельев, А.Н. Крючин // Агропромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы: сборник статей X Международной научно-практической конференции / МНИЦ ПГСХА. – Пенза: РИО ПГСХА, 2014. – С. 86 - 89.
4. Бузенков, Г.М. Машины для посева сельскохозяйственных культур / Г.М. Бузенков М : Машиностроение, 1976 – 272 с.
5. Перевозников, В.Н. Повышение эффективности сева хлебных злаков пневматическим высевальным аппаратом: дис. ...канд.техн.наук: 05.20.01 / В.Н. Перевозников – Минск, 1996. – 193 с.
6. Красовских, В.С. Высевальные устройства посевных машин / В.С. Красовских, А.И. Клишин // Вестник АГАУ – 2007 – №8.
7. Сельскохозяйственная энциклопедия. Т.1 (А-Е) / Ред. коллегия: П.П. Лобанов (гл.ред.) [и др.]. Издание третье, переработанное – М. Государственное издательство сельскохозяйственной литературы, 1949. – 620 с.
8. А.С. 1007576 СССР, МКИЗ А01С7 / 16. Высевальный аппарат / Козичев Н.В., Жигульский А.С., Поляков А.Г., Семенов Л.А., Хегай П.А. и др. – № 3319933/30-15; заяв. 13.07.1981; опубл. 30.03.1983, Бюл. № 12.
9. А.С. 1463159 СССР, МКИЗ А01С7 / 16. Высевальный аппарат / Соколов В.А., Моргунов Ю.А., Теперенко А.Г., Шинкевич Е.Б., Мумыга Ю.Н., Храмов В.Н. – № 3959170/30-15; заяв. 01.10.1985; опубл. 07.03.1989, Бюл. № 9.
10. Пат. 2095959 РФ: МПК А01С7/04, А01С7/00. Высевальный аппарат / Шиповский Н.А.; Шиповский А.А. – № 96101225/13; заяв. 16.01.1996; опубл. 20.11.1997.
11. Пат. 2305394 РФ: МПК А01С7/16. Высевальный аппарат для пророщенных семян / Шапров М.Н., Цеplяев А.Н., Бороменский В.П., Абезин В.Г., Карпунин В.В., Абезин Д.А. – № 2006102808/12; заяв. 31.01.2006; опубл. 10.09.2007, Бюл. № 25.
12. Пат. 2373678 РФ: МПК А01С7/16. Дисково-ложечный высевальный аппарат для посева проросших семян пропашных культур / Цеplяев А.Н., Харлашин А.В., Абезин В.Г. – № 2008125543/12; заяв. 23.06.2008; опубл. 27.11.2009.
13. Пронин, В.М. Надежные и эффективные машины для ресурсосберегающих технологий Поволжья // Техника и оборудование для села. 2002. № 9. С. 8 – 10.
14. Полторынкин, С.С. Пневмовинтовой высевальный аппарат для трудносыпучих семян / С. С. Полторынкин, А. Н. Цеplяев // Сельский механизатор. – 2014. – № 9 (67). – С. 10 – 11.
15. Серебрянный, М.И. Механизация возделывания зерновых в Канаде // Механизация и электрификация. – 1987. №1. – 61 с.

П.П. Казакевич, С.Ф. Лойко, С.П. Колешко
*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: vozduhlen@mail.ru*

РУЛОНИРОВАНИЕ ЛЬНОТРЕСТЫ ПРИЦЕПНЫМИ И САМОХОДНЫМИ ПРЕСС-ПОДБОРЩИКАМИ

В статье приведен анализ процесса рулонирования различных типов тресты прицепными и самоходными пресс-подборщиками.

Ключевые слова: пресс-подборщик, льнотреста, процесс, анализ, рулон, плотность, лента, производительность.

P.P. Kazakevich, S.F. Loiko, S.P. Koleshko
*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»
Minsk, Republic of Belarus
e-mail: vozduhlen@mail.ru*

RULING OF DIFFERENT BY TRAILED AND SELF-POWERED PRESS PICKERS

The article provides an analysis of the process of rolling various types of trusts by trailed and self-propelled balers.

Keywords: baler, flax, process, analysis, roll, density, ribbon, performance.

Введение

В настоящее время в республике, как и в мире, основным способом заготовки льносырья является рулонная технология уборки льнотресты. Приобретён значительный опыт использования рулонных пресс-подборщиков как прицепных, так и самоходных. Заготовка льнотресты в рулоны позволила полностью механизировать уборку льна. В результате, при соблюдении агротехнических сроков выполнения данной операции, существенно повысилась производительность работ, сократились затраты труда, возросла сохранность выращенного урожая.

Рулонирование льняной тресты в упаковки даёт возможность полного исключения ручного труда при её подъёме, погрузочно-разгрузочных работах в поле и местах хранения, сокращения транспортных расходов, а также более полного использования складских помещений и обеспечение механизированной подготовки тресты к переработке. Так как паковки льносырья поступают на дальнейшую переработку с целью получения волокна, то такая заготовка тресты должна отвечать технологическим требованиям первичной переработки.

Непосредственное влияние на выход длинного волокна при переработке на линиях льнотресты оказывают равномерность формирования ленты в рулоне с требуемой линейной плотностью, а также растянутость стеблей в ленте и в рулоне.

При прессовании льнотресты, полнота её подбора должна быть не менее 99 %; повреждение стеблей допускается не выше 3 %; угол отклонения стеблей в ленте не более 5°; неравномерность расстила не более 5 %; разрыв в ленте не более 3 %; увеличение растянутости ленты не более 1,05 %; увеличение отклонения стеблей в ленте не более 8°; увеличение неравномерности расстила стеблей в ленте 10–12 %; оборачивание стеблей в ленте 96–98 %; а их растянутость — не более чем в 1,3 раза.

Рациональная линейная плотность слоя льнотресты в рулоне должна составлять 1,8–3,5 кг/м.п. [1]. В этом случае будет обеспечиваться номинальная производительность технологических линий выработки волокна, что также обеспечит нормативный выход длинного волокна при соответствующем его качестве.

Основная часть

Исходная линейная плотность ленты льна, сформированная тербильным аппаратом, определяется урожайностью льна и рабочей шириной захвата льноуборочной машины. Фактическая урожайность льнотресты в условиях республики изменяется от 2,0 до 6,0 т/га, а рабочая ширина захвата уборочных машин находится в пределах 1,2–1,65 м. Линейная плотность исходной ленты льна находится в пределах от 0,24 до 1,0 кг/м.п. В результате для получения требуемой линейной плотности ленты льна в рулоне, ее необходимо уплотнить в 2–9 раз, т.е. практически на поле необходимо собрать ленту с 2–9 м и сформировать 1 м слоя льнотресты в рулоне.

Выполнение агротехнических показателей зависит как от эффективности выполнения предыдущих стадий производства льна, так и совершенства конструкции пресс-подборщиков. Только растянутость ленты в рулоне в большей степени зависит от высоты стеблей льна или ширины ленты льнотресты сформированной предыдущими машинами.

Технологический процесс работы пресс-подборщика льна заключается в следующем (рис.):

- при движении агрегата подборщик поднимает стебли и подает на питающий барабан;
- за счет движения в противоположном направлении питающего барабана, отбойного битера и прессующих лент, стебли закручиваются против часовой стрелки (со стороны комля), образуя сердцевину (куклу), а впоследствии – рулон;
- когда рулон сформирован – производят обвязку шпагатом;
- по окончании обвязки шпагат обрезают ножами, открывают клапан пресс-камеры, а рулон, под воздействием прессующих лент и собственной массы, сбрасывается на землю;
- после выгрузки рулона, клапан возвращают в исходное положение, приступают к формированию нового рулона.

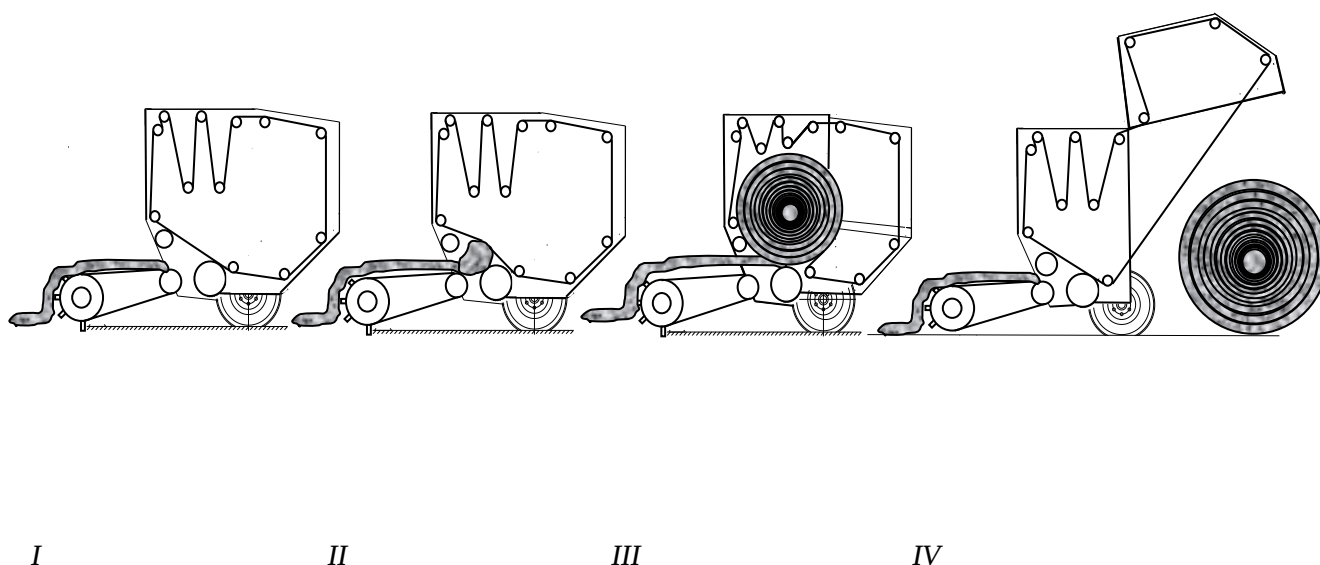


Рис. Схема технологического процесса

I- подача льносырья в пресс-камеру; II-III- формирование рулона; IV- выгрузка рулона

Прессование льнотресты ведется прицепными и самоходными пресс-подборщиками льна. Прицепные агрегаты представлены ПРЛ-150 и его модификациями, а также ППУ-165. Самоходные пресс-подборщики представлены моделями ПРС-1 и ПЛС-1,5.

В прицепном пресс-подборщике с механическим приводом ПРЛ-150 излишние скорости подбирающего барабана и скорость прессовальных ремней весьма трудоемка, т.к. требуется переустановка сменных приводных звездочек. Повысить линейную плотность ленты льна в рулоне в определенных

пределах можно увеличением рабочей скорости трактора, которая ограничена работоспособностью подбирающего барабана и нагруженностью подбирающих пальцев. Это увеличит объем поступающей массы в единицу времени к питающему барабану. Но при увеличении рабочей скорости ухудшается ориентированность стеблей в ленте, нарушается параллельность стеблей. Это также приводит к снижению выхода длинного волокна [2].

У самоходного пресс-подборщика ПРС-1 скорость подбирающего барабана и транспортирующей ленты синхронизирована с рабочей скоростью пресс-подборщика. Скорость прессовальных ремней задается через блок управления пропорционально скорости транспортирующей ленты с учетом урожайности льна на поле.

В самоходном пресс-подборщике ПЛС-1,5 подбирающий барабан имеет отдельный привод и его скорость синхронизирована с рабочей скоростью пресс-подборщика. Гидромотор привода транспортирующих лент соединен последовательно с гидромотором привода прессовальных ремней, а его скорость задается посредством блока управления пропорционально скорости подбирающего барабана исходя из фактической урожайности льна на поле.

В последние годы в республике разработаны и освоены в производстве прицепной пресс-подборщик ППЛ-1 и ПРЛ-150МГ производства ОАО «Бобруйскагромаш», в которых скорость подбирающего барабана и транспортирующих лент устанавливается на блоке управления, синхронизируется со скоростью трактора, а скорость прессовальных ремней задается исходя из фактической урожайности льна, т.е. вес 1 пог.м. ленты льна на поле и требуемой линейной плотности слоя льна в рулоне.

Заключение

В настоящее время в республике, как и во всем мире, основным способом заготовки льносырья является рулонная технология уборки льнотресты. Накоплен значительный опыт использования рулонных пресс-подборщиков как прицепных, так и самоходных. Заготовка льнотресты в рулоны позволила практически полностью механизировать уборку льна. Это позволило существенно повысить производительность работ и сократить затраты труда.

Важным моментом является обеспечение формирования слоя льнотресты в рулоне требуемой линейной плотности при подборе исходной ленты, линейная плотность которой непостоянна и может изменяться в широких диапазонах. Для этого конструкции пресс-подборщиков должны предусматриваться устройства для обеспечения изменения режимов работы подбирающего механизма и прессовальной камеры.

Очевидно, что с развитием средств механизации льноводства, будут совершенствоваться, в том числе и машины для заготовки льнотресты. Основное внимание необходимо уделять вопросу обеспечения требуемых параметров слоя льнотресты в рулоне с использованием систем оперативного управления рабочим процессом.

Список использованных источников

1. Льноуборочные машины. – Москва ; «Машиностроение», 1985. –С. 192–206.
2. Инновационные технологии в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции.– Минск : БГАТУ, 2011.
3. Патент РБ на полезную модель № 7539 «Пресс-подборщик льна» / Трибуналов М. Н., Лойко С.Ф., Лавор Б. Л., 2011.

Д.И. Комлач¹, В.Н. Дашков², А.С. Воробей¹, М.Н. Трибуналов²¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

e-mail: labpotato@mail.ru²УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»

г. Минск, Республика Беларусь

e-mail: kaf.tia@bsatv.by

МЕТОДЫ И СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ПОВРЕЖДЕНИЙ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ

В статье приведены имеющиеся методы и способы определения возникновения технических повреждений в клубнях картофеля при взаимодействии их с рабочими органами машин от уборки до послеуборочной доработки.

Ключевые слова: механические повреждения, клубни картофеля, рабочие органы, уборка, послеуборочная доработка.

D.I. Komlach¹, V.N. Dashkov², A.S. Verabei¹, M.N. Tribunalov²¹RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»

Minsk, Republic of Belarus

e-mail: labpotato@mail.ru²EE «Belorussian State Agrarian Technics University»

Minsk, Republic of Belarus

e-mail: kaf.tia@bsatv.by

METHODS AND WAYS EVALUATION MECHANICAL PROPERTIES THE TUBERS OF POTATOES

In article was gives methods and ways for evaluation to emerge of mechanical properties the tubers of potatoes by contact its with working organs the machineries from harvest till postharvest processing.

Keywords: mechanical properties, the tubers of potatoes, working organs, harvest, postharvest processing.

Введение

Потери урожая картофеля достигают 25–30 % ежегодно. Из них при механизированной уборке – до 13 %, при погрузочно-разгрузочных работах и транспортировке – до 5–9 %, и при хранении и сортировке – до 7–10 % [1].

Используемые в настоящее время способы определения повреждений клубней картофеля в большинстве своём не могут быть применены для оперативного определения повреждений непосредственно в поле при уборке. Одни из них требуют значительного количества времени, необходимого для получения результата, некоторые экономически не выгодно использовать в полевых условиях в связи со спецификой используемого при реализации способа оборудования, другие требуют использования довольно сложной методики.

Направлением изучения снижения механических повреждений, клубней картофеля в период его уборки и послеуборочной доработки занимались многие исследователи: Pengcheng Yu., Herold B., Xu Rui, Takeda Fumiomi, Li Changying, Geyer M., B. Borsa, L. Kovács, F. Jakovác, T. Van Canneyt; E. Tijskens; H. Ramon; R. Verschoore; B. Sonck и др. [2,3].

Исследованиями взаимодействия овощей с рабочими органами уборочных комбайнов занимались такие ученые как: Н.В. Гусева, М.М. Киселев, В.Н. Костылев, П.Л. Максимов, Ю.А. Боровиков из Ижевского сельскохозяйственного Университета, Россия; T. Van Canneyt; E. Tijskens; H. Ramon; R. Verschoore, B. Sonck из Ословского Университета, Норвегия; Bentini, M., C. Caprara, V. Rondelli, M. Caliceti из Болонгского Университета, Италия. В своих исследованиях они пришли к выводу, что наибольшее количество (до 43 %) механических повреждений овощей приходится на рабочие органы уборочных комбайнов [4,5].

Исследованиями на повреждаемость овощей и фруктов при их послеуборочной доработке занимались ученые как: Yu Pengcheng, Li Changying, Takeda Fumiomi, Krewer Gerard, Rains Glen, Hamrita Takoi из сельскохозяйственного Университета, США; Hossein Barikloo, Ebrahim Ahmadi из

инженерного Университета, Ирана; Zhiguo Li, Fengli Miao, James Andrews из Английского института. В выводах своих работ они сделали заключение, что на послеуборочную доработку овощей и фруктов приходится до 6 % повреждаемости [6,7].

Установлено, что появление различных повреждений у созревших клубней в процессе уборки снижается при соблюдении нормативных показателей сроков работ, высот перепадов, скоростных режимов и др. параметров и условий применения техники соблюдения на выполняемых технологических машинных операциях [8].

Основная часть

Для оценки определения клубней картофеля при взаимодействии их с рабочими органами комплекса машин от уборки до послеуборочной доработки на сегодняшний день точных методов и способов не имеется.

В связи с этим, в мире проводятся ряд исследований, по изысканию таких методов и способов.

Pengcheng Yu из США предлагает метод по определению опасных зон механического комбайна для уборки черники с помощью миниатюрного сферического датчика. Метод заключается в применении маленького устройства записи (BIRD) для определения опасных зон (рис. 1), которое используется для измерения механических повреждений, возникающих в механическом комбайне роторного типа во время уборки ягод [9].

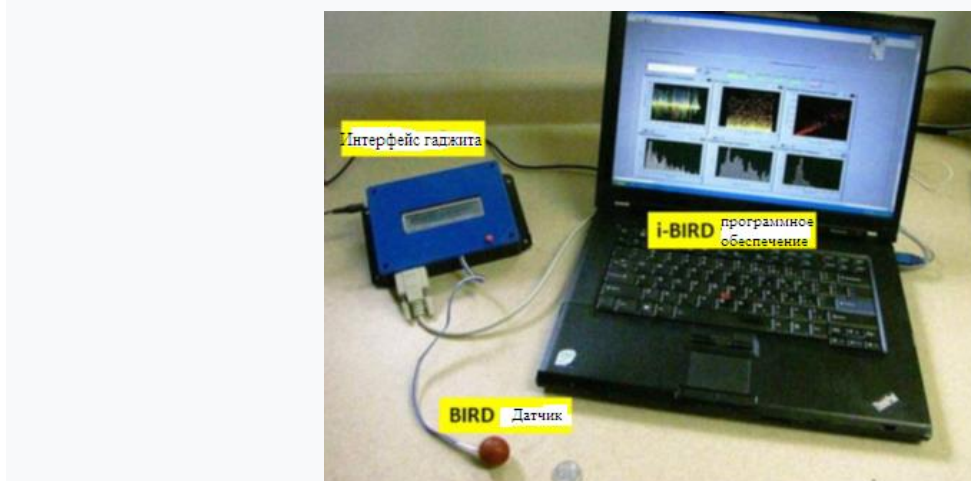


Рис. 1. Общий вид программного обеспечения (BIRD) миниатюрного сферического датчика

Программное обеспечение системы BIRD состоит из трех модулей: датчика, интерфейсной программы и компьютерной графической программы пользовательского интерфейса (i-BIRD). Также имеются встроенные программы для микроконтроллеров. В микроконтроллеры запрограммирована с помощью микросхем сенсорная программа кодов.

В. Borsa, L. Kovács и F. Jakovác из Годольского института сельского хозяйства города Потсдама (Германия) [10] предложили метод по определению механических повреждений плодов помидоров в процессе их транспортировки с целью их снижения с помощью измерительной сферы PMS-60.

Метод заключается в определении механических повреждений томатов при их транспортировке (рис. 2). В процессе движения автомобиля, на всем протяжении пути, к томатной массе прикладывалась статическая механическая нагрузка (около 44 Н), в нижних слоях плодов томатной массы, вызванной высотой навала 1,3 м.



Рис. 2. Измерение скорости и ускорения автомобиля с помощью радиолокационного датчика и трёхосного осевого измерителя

Измерительная сфера PMS-60, расположенная внутри грузовика определяет вызванные статические, а также динамические механические нагрузки во время автомобильных перевозок грузовыми автомобилями, которые наносят относительно низкую повреждаемость плоду, если плоды томата изначально неповреждены.

Bentini, M., C. Caprara, V. Rondelli, M. Caliceti из Болонского Университета Италии предложили метод по определению опасных режимов скоростей в комбайне для уборки сахарной свеклы [11].

Метод заключается в поиске опасных режимов скоростей элеваторов комбайна для уборки сахарной свеклы, при которых возникают наибольшие повреждения продукции. Он основан на применении электронного корнеплода сахарной свеклы.

Электронный корнеплод сахарной свеклы (рис. 3) диаметром 110 мм представляет собой инструментальную сферу. Также она включает в себя программное обеспечение IRD и трех мерное измерительное устройство массы сахарной свеклы. Также она имеет считывающее устройство PVC работающее на частоте 3906 Гц. Электронный корнеплод весит 1,40 кг.

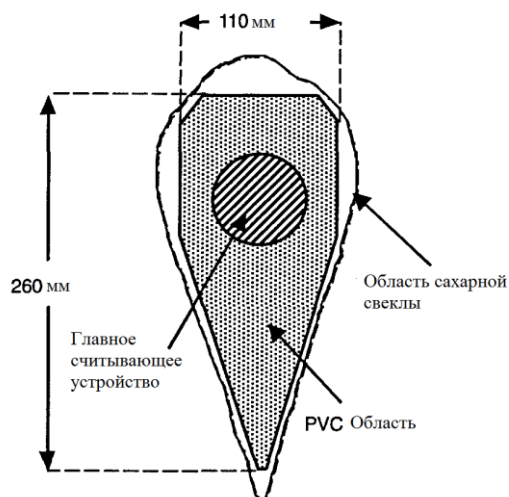


Рис. 3. Электронный корнеплод сахарной свеклы

Электронный корнеплод сахарной свеклы исследует корнеплоды сахарной свеклы в процессе от уборки до их попадания в транспортное средство, по всем рабочим органам комбайна и записывает данные возникающих динамических и статических нагрузок.

После чего значения, полученные в ходе исследований, обрабатывались с помощью программного обеспечения IRD.

Алексеем Сиберевым, Александром Аксеновым, Алексеем Дороховым, Андреем Пономаревым из Вима Москва предложен метод по определению механических повреждений

клубней картофеля при уборке с помощью электронного картофеля, в котором используется программное обеспечение системы TUBERLOG, (рис. 4). Метод заключается в определении наиболее опасных зон при уборке картофеля картофелеуборочным комбайном [12].



Рис. 4. Общий вид электронного клубнеплода картофеля

1 – регистратор данных; 2 – персональный компьютер; 3 – компьютер; 4 – вспомогательные инструменты

«Электронный картофель» позволяет регистрировать величину ускорения, а также ударный импульс от его взаимодействия с рабочими органами.

Заключение

1. Проведенный анализ имеющихся методов и способов по определению выявления механических повреждений показывает, что наиболее точным является метод с использованием электронных анализирующих устройств. Он наиболее эффективно определяет опасные зоны, в которых могут возникать механические повреждения.

2. Анализ по взаимодействию клубней картофеля с рабочими органами серийно выпускаемых машин для уборки и послеуборочной доработки сельскохозяйственной продукции показал, что на сегодняшний день необходимо модернизировать рабочие органы существующих машин и правильно выбирать щадящие режимы для их работы.

Список используемых источников

1. Кузьмин, А.В., Мамичева, К.Н. Оценка пригодности сортов картофеля к индустриальной технологии возделывания и уборки. Технические средства для обеспечения интенсивных технологий возделывания и уборки сельскохозяйственных культур. Сб. научн. трудов Московского ин-та инж. с.х. пр-ва. – М. 1989, – С. 82–87.
2. Pengcheng, Yu. Development of the Berry Impact Recording Device sensing system: Software / Yu Pengcheng, Li Changying, Takeda Fumiomi, Krewer Rains Glen, Hamrita Takoi // Computers and Electronics in Agriculture. – 2011, USA . – v.77. – P.195–203.
3. Geyer, M. Detection of Mechanical Load and Damage of Industrial Tomatoes during Transport / M. Geyer, B. Herold, B. Borsa, L. Kovács, F. Jakovác // Computers and Electronics in Agriculture. – 2007, Potsdam, Germany . – v. 27. – P. 273–280.
4. Гусева, Н.В. Разработка методики исследования ударного взаимодействия модели клубня картофеля с рабочими органами уборочных машин / Н.В. Гусева, М.М. Киселев, В.Н. Костылев, П.Л. Максимов, Ю.А. Боровиков, Н.Д. Давыдов // Монография. – Ижевск, 2002. – 171 с.

5. Selja, sen Randi Sensory and chemical changes in five varieties of carrot (*Daucus carota* L) in response to mechanical stress at harvest and post-harvest / Randi Selja sen, Gunnar B Bengtsson, Halldor Hoftun, Gjermund Vogt // *Science of Food and Agriculture*. - 2001, Norway. - v. 81. - P. 436-447.
6. Bentini, M. The Use of an Electronic Beet to Evaluate Sugar Beet Damage at Various Forward Speeds of a Mechanical Harvester / Bentini, M., C. Caprara, V. Rondelli, M. Caliceti // *Agriculture Economic and Engineering*. - 2002, Italy. - v. 50. - P. 547-55.
7. Herold, B. A Pressure Measuring Sphere for monitoring handling of fruit and vegetables / B. Herold, I. Truppel, G. Siering, M. Geyer // *Computers and Electronics in Agriculture*. - 1996, Potsdam, Germany. - v. 15. - P. 73-88.
8. Колчин, Н.Н. Как снизить повреждение клубней картофеля в машинных технологиях / Н.Н. Колчин, А.Г. Пономарев, С.Н. Петухов // *Картофель и овощи*. - Москва. - 2019. - с. 14-16.
9. M. Geyer Detection of Mechanical Load and Damage of Industrial Tomatoes during Transport / M. Geyer, B. Herold, B. Borsa, L. Kovács, F. Jakovác B. // *Electronics in Agriculture*. - 2003 Gödöllő, Germany. - P. 273-280.
10. Pengcheng, Yu. Quantitative evaluation of a rotary blueberry mechanical harvester using a miniature instrumented sphere / Yu Pengcheng, Li Changying, Takeda Fumiomi, Krewer Gerard, Rains Glen, Hamrita Takoi // *Computers and Electronics in Agriculture*. - 2012, USA. - v.88. - P.25-31.
11. Barikloo, H. Evaluation of impact effect and fruit properties on apple dynamic behavior / Hossein Barikloo, Ebrahim Ahmadi // *Australian journal of Crops Science*. - 2013, Iran. - v.11. - P. 1661-1669.
12. Siberev, Alexei. Comparative study of the force action of harvester work tools on potato tubers / Alexei Siberev, Alexandr Aksenov, Alexei Dorokhov, Andrei Ponomarev // *Research in Agricultural Engineering*. - 2019, Moscow. - v. 65. - P. 85-90.

Л.В. Мисун¹, В.В. Азаренко², А.Л. Мисун¹, А.Л. Мисун¹¹УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»

г. Минск, Республика Беларусь

e-mail: LLM_90@mail.ru²Президиум Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь,e-mail: azarenko@presidium.bas-net.by

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА ОПЕРАТОРОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В статье рассмотрены направления улучшения условий и повышения безопасности труда в кабине транспортного средства сельскохозяйственного назначения (ТССН). Предложены инженерно-технические решения для повышения внимательности оператора ТССН, снятия состояний утомления и усталости при управлении ТССН. Сделан расчет термического сопротивления теплозащитной одежды оператора ТССН.

Ключевые слова: оператор транспортного средства сельскохозяйственного назначения, технические решения, работоспособность, тепловой баланс, внимательность.

L.V. Misun¹, V.V. Azarenko², A.L. Misun¹, A.L. Misun¹¹Educational establishment «Belarusian State Agrarian Technical University»

Minsk, Republic of Belarus

e-mail: LLM_90@mail.ru²Presidium of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belaruse-mail: azarenko@presidium.bas-net.by

IMPROVING THE SAFETY OF AGRICULTURAL VEHICLE OPERATORS

The article considers the directions of improving labor safety in the cabin of an agricultural vehicle. Technical solutions are proposed to increase safety and improve working conditions of operators of agricultural vehicles, which makes it possible to prevent the occurrence of a traumatic situation when driving an agricultural vehicle by increasing efficiency, attention, removing the state of fatigue and fatigue. The thermal resistance of the operator's thermal protective clothing is calculated.

Keywords: agricultural vehicle operator, technical solutions, operability, heat balance, attention.

Введение

Улучшение условий и охраны труда, сохранение жизни и здоровья работающих – это одни из приоритетных направлений социально-экономической политики любого государства. В современном сельскохозяйственном производстве к оператору ТССН предъявляются особые требования, с учетом его психофизиологических возможностей (эмоциональной устойчивости, скорости реакции, внимания и др.), условий труда [1]. Так, в период уборочных работ, оператор ТССН должен постоянно воспринимать большой объем информации о состоянии технического средства, параметрах производственной среды, анализировать поступающую информацию и принимать соответствующее решение. Весь процесс от восприятия до совершения действий требует определенных затрат времени, которого зачастую может не хватить. В таком случае возможны неправильные действия оператора, вызванные его утомлением, которые могут сопровождаться получением травм при управлении ТССН.

Результаты исследований

При определенных условиях утомление, величину которого невозможно измерить только объемом выполненной работы, является причиной возникновения хронического заболевания или даже гибели работника. Особенно опасно при эксплуатации ТССН неожиданное ухудшение состояния здоровья оператора, приводящее к потере сознания или выражающееся в сильных болевых ощущениях. В тяжелых случаях такой оператор даже не в силах остановить ТССН. Преобразование поступающего на физиологическом уровне сигнала (x) в адекватное ощущение его оператором ТССН (L) происходит согласно закону Вебера-Фехнера [2]:

$$L = \lg + \frac{x}{x_0}, \quad (1)$$

где x_0 – порог восприятия сигнала анализатором оператора ТССН.

Ощущения оператором сигнала зависят от частоты сигнала, а объем (i) и скорость (V) информации, обрабатываемой оператором, находятся в зависимости от времени его реакции (T_p) [2]:

$$T_p = T_0 + \frac{i}{V}, \quad (2)$$

где T_0 – постоянная величина времени анализатора оператора ТССН.

При выполнении оператором ТССН работ имеют место «скачки» – переход от устойчивого состояния его нервной системы к неустойчивому («стрессу»), т.е. потере контроля над собой, что, конечно же, сказывается на безопасности труда. Для недопущения таких случаев, огромное значение отводится организации режима труда и отдыха, учитывая подготовленность и физическое состояние работника. Своеобразным сигналом организму о необходимости прекратить или снизить интенсивность работы служит показатель усталости оператора. Так, например, уставший мышечный аппарат, допустим, – глаз, который уже не обеспечивает четкого пространственного восприятия и оператор может уснуть за рулем. Для недопущения подобных ситуаций, нами были проанализированы результаты ранее проведенных исследований [1], предложена конструкция универсального устройства для повышения работоспособности и внимательности оператора за рулем ТССН. Предлагаемое техническое решение основано на использовании диафрагм со сквозными отверстиями в качестве очков-тренажеров со сменными прозрачными и затемненными линзами соответствующих диоптрий.

Пользователь (оператор ТССН) индивидуально производит перемещение диафрагм или линз с целью регулировки расстояния между носовыми упорами, межцентрового расстояния, а также осуществляет регулировку длины дужек за счет перемещения заушин. Это способствует использованию предлагаемого технического устройства для операторов ТССН различного возраста и комплекции. Регулярное применение диафрагм со сквозными отверстиями по 30...40 минут в день снимает излишнее напряжение глазных мышц из-за постоянной их зажатости. Также предлагаемое техническое решение позволяет через сквозные отверстия трубки, покрытые снаружи слоем наполнителя из пористого материала, подавать с возможностью дозирования к носу оператора ТССН пары раствора душицы или эфирных масел хвои, способствующих повышению работоспособности оператора, снятию состояния его утомления и усталости [3].

Для улучшения условий труда при управлении ТССН, предупреждения засыпания оператора может использоваться техническое устройство (рис. 1), содержащее последователь-

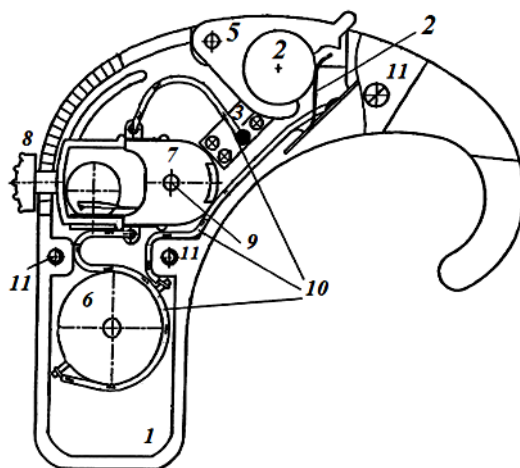


Рис. 1.—
Устройство для предупреждения от засыпания оператора ТССН [4]

1 – корпус серповидной формы; 2 – источник питания; 3 – выключатель; 4 – контакт; 5 – держателем; 6 – генератор звукового сигнала; 7 – датчик угла наклона; 8 – рукоятка; 9 – поворотная ось; 10 – провод; 11 – винт

льно соединенными: источник питания, выключатель, генератор звукового сигнала и датчик угла наклона с регулятором исходного положения. При управлении ТССН, когда оператор держит голову прямо, металлический шар в датчике угла наклона находится в сферическом углублении на нижней грани корпуса датчика. Первая и вторая контактные пластины при этом не замкнуты, электрическая цепь устройства разомкнута, несмотря на включенный источник питания. При засыпании оператора ТССН, его голова склоняется вперед или в сторону, что приводит в движение металлический шар в датчике: шар выкатывается из сферического углубления, меняя угол наклона, попадает на нижний конец второй контактной пластины, прижимая ее к первой аналогичной пластине, и, тем самым, замыкает электрическую цепь устройства. В итоге включается генератор звукового сигнала для пробуждения. Для повышения безопасности труда может использоваться и техническое устройство (рис. 2), установленное внутри рулевого колеса на оси рулевого вала.

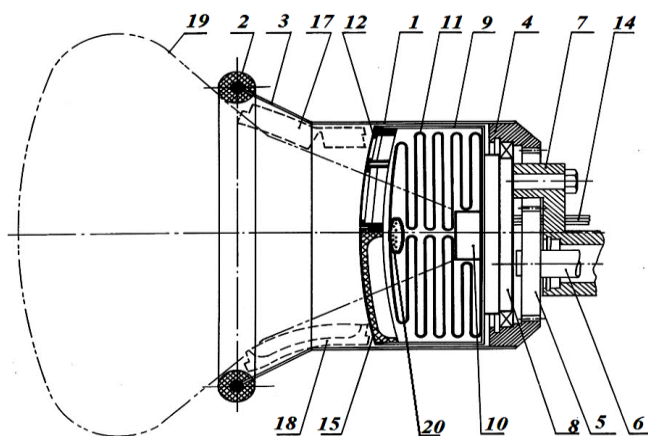


Рис. 2. Техническое устройство механизма рулевого управления ТССН [5]

1 – корпус; 2 – рулевое колесо; 3 – спица; 4 – венец планетарного механизма; 5 – шестерня; 6 – рулевой вал; 7 – кожух рулевого вала; 8 – разъемная колодка; 9 – корпус подушки безопасности; 10 – взрывное устройство; 11 – подушка безопасности в сложенном состоянии; 12 – приборный щиток; 13 – информационные ячейки; 14 – электрическая коммутация; 15 – крышка корпуса подушки безопасности; 16, 17 – контур разрыва; 18, 19 – контур; 20 – капсула заполненная тонизирующим препаратом

Известно [1], что довольно часто оператор подвержен травмированию при спуске с лестницы ТССН или подъеме в кабину. Объяснением этому служит поведенческий фактор, который, в свою очередь, связан с нервным напряжением при выполнении работ, спешкой, а также подошвой обуви.

При выходе из кабины ТССН оператор обычно смотрит только на первые три ступеньки лестницы и не обращает внимания на остальные ступеньки.

Для повышения безопасности перемещения оператора ТССН по ступенькам вертикальной лестницы предлагается запатентованная нами [6] следующая ее конструкция, содержащая две боковины, соединенные между собой ступеньками, выполненными в виде горизонтальных площадок. Нижняя ступенька имеет площадку прямоугольной формы, а верхняя выполнена со скосами со стороны подъема на техническое средство. На одной из верхних ступенек имеется скос с левой стороны, на следующей ступеньке – скос с правой стороны. При подъеме по вертикальной лестнице скошенные края ступеней (выполненные по параболе) не препятствуют быстрому и удобному подъему-спуску и позволяют располагать ноги в наиболее удобном месте с учетом размера обуви. Имеющиеся в ступеньках отверстия предназначены для удаления с их верхней поверхности грязевых отложений. Для повышения безопасности труда оператора ТССН при перемещении по ступенькам лестницы (спуске и подъеме), а также для снижения тяжести травмирования большое значение имеет форма подошвы обуви оператора ТССН и ее сцепные свойства. Предлагается съемная универсальная нескользящая подошва обуви [7] (рис. 3), выполненная из износостойкого материала. Такая подошва (галоша) легко одевается на обувь разных размеров и крепится на ней прочными эластичными петлями или ремнями с замками (липучками). Абразивный слой рабочей поверхности подошвы обеспечивает возможность многократного ее использования и безопасность оператора, например, на скользких ступеньках ТССН.

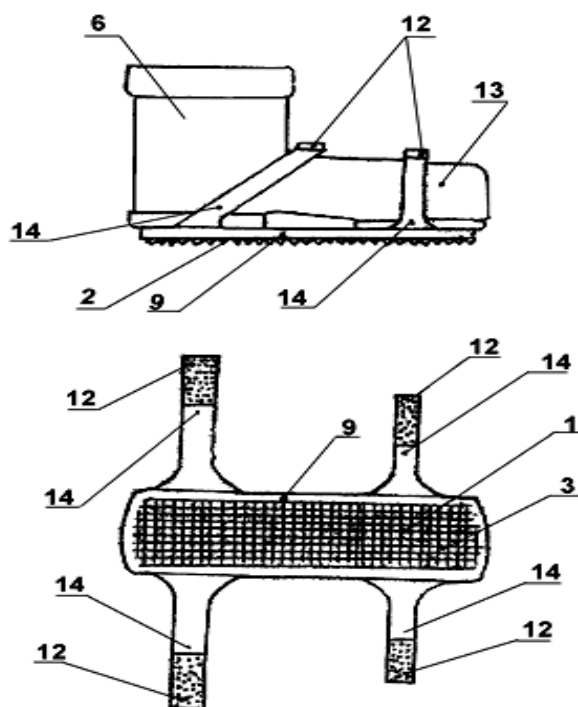


Рис. 3. Съемная универсальная нескользящая подошва обуви

1 – абразивная сетка; 2 – гранулы абразива; 3 – абразивная лента; 4 – лента с водостойкой основой; 5 – адгезивный слой; 6 – обувь; 7 – галоша; 8 – ячейка; 9 – пластина эластомера; 10 – петля; 11 – полиэтиленовая основа; 12 – липучка; 13 – обувной носок; 14 – эластичный ремень

Постоянное пребывание работника за рулем может сказываться на кровоснабжении в органах малого таза и приводит к нарушению работы нервной системы. Симптомы такого профессионального заболевания у операторов ТССН разнообразны: тупые либо колющие боли в районе хребта, ощущение сдавленности и неподвижности («каменная спина»), сильные боли в районе органов малого таза. Для снижения проявления этих заболеваний нами предлагается специальная запатентованная накидка-чехол на сидение ТССН [8], которая имеет ортопедические мягкие вставки для поясничной части и органов малого таза. При деформации вставки принимают форму тела

оператора [8], а после снятия нагрузки восстанавливают свою исходную конфигурацию, что способствует улучшению кровоснабжения в проблемных зонах.

Нередко работа операторов ТССН протекает при неблагоприятных температурных условиях – повышенной влажности. Знание гигиенических особенностей условий труда в кабине ТССН, а также неблагоприятных факторов, которые могут возникнуть при работе, позволяет принять необходимые меры по сохранению здоровья и работоспособности операторов ТССН. Так, физиологическая норма реакции тела человека позволяет организму адаптироваться к охлаждающей или нагревающей температуре воздуха, микроклимату. В случае же возникающего перегрева или переохлаждения тела, даже если это и не опасно для жизни оператора ТССН, снижается его трудоспособность [9]. Если изменяются теплофизические условия производственной среды, то система терморегуляции организма приводит в соответствие процессы теплообразования и теплоотдачи, сохраняя при этом температуру тела на одном постоянном уровне ($36,6 \pm 0,5$) °С. Система терморегуляции организма человека не в состоянии обеспечить комфортное самочувствие при длительном и постоянном изменении температуры производственной среды: наступает дискомфорт. Задержка в испарении с поверхности тела пота сопровождается смачиванием им спинки сидения ТССН, что может способствовать переохлаждению организма. Для устранения такой ситуации рекомендуется использовать техническое устройство [10], содержащее сменные гигроскопические впитывающие элементы, неподвижно закрепленные на спинке сидения в кабине ТССН двумя эластичными кольцами, связанными друг с другом стяжкой, которая, в свою очередь, неподвижно прикреплена одним концом к оттяжке, закрепленной своим свободным концом и снабженной зацепом за спинку сидения. Эффективная защита оператора ТССН от выделяемого пота в процессе работы при соприкосновении его спины со спинкой сидения достигается периодической и нетрудоемкой сменой впитывающих элементов, препятствующих перегреву организма оператора ТССН.

Для поддержания требуемого уровня микроклимата производственной среды необходимо сочетание параметров её тепловой защиты, системы кондиционирования воздуха (вентиляции, отопления), изменяющихся условий эксплуатации ТССН, и потока солнечной радиации, поглощаемой телом человека.

Оператор ТССН во время рабочей смены периодически покидает кабину, занимается технологическими регулировками, устранением эксплуатационных отказов и т.д., то есть энергозатраты его не постоянны.

Поэтому, с учетом климатических условий выполнения работы, особое внимание должно уделяться правильно подобранной теплозащитной одежде, которая должна соответствовать следующим основным гигиеническим требованиям: обеспечивать оптимальный пододежный микроклимат; не затруднять оператору ТССН дыхание, кровообращение и движение; не смещать и не сдавливать внутренние органы, опорно-двигательный аппарат; быть достаточно прочной, легко очищаться от внешних и внутренних загрязнений; не содержать выделяющихся в производственную среду токсичных химических примесей; иметь сравнительно небольшую массу (до 8...10 % массы тела работника). Для расчета теплозащитных свойств одежды учитывают особенности теплообмена работника, выполняющего физическую работу, поэтому значения энергозатрат, дефицита теплоты, средневзвешенной температуры тела принимаются с учетом тяжести выполняемой работы. Теплопроводность ткани одежды, характеризующая её тепловое сопротивление ($Q_{м.р.}$), рассчитывается с учетом энергии, затрачиваемой оператором ТССН на механическую работу:

$$Q_{м.р.} = (Q_{эт} - Q_o) \cdot \eta, \quad (3)$$

где

$Q_{эт}$ – общие энергозатраты, Вт;

Q_o – энергозатраты на основной обмен в организме человека, Вт;

η – термический коэффициент полезного действия одежды.

В качестве единицы теплозащитной способности ткани (снижения плотности теплового потока) принята величина «ккло» – единица теплоизоляционной характеристики одежды, соответствующая $0,18 \text{ } ^\circ\text{C}\cdot\text{м}^2/\text{Вт}$. Одна единица «ккло» обеспечивает состояние теплового комфорта, если теплообразование спокойно сидящего человека составляет примерно $58 \text{ Вт}/\text{м}^2$, а окружающий микроклимат характеризуется температурой воздуха, равной 21°C , относительной влажностью 50 % и скоростью движения воздуха $0,1 \text{ м}/\text{с}$ [10].

Для обоснования теплозащитных свойств одежды оператора ТССН необходимо знать потери теплоты на испарение влаги ($Q_{исп.}$) с поверхности тела и верхних дыхательных путей:

$$Q_{\text{исп.}} = 0,2[(Q_{\text{эт}} + D/\tau_{\text{н.пр.}} - Q_{\text{м.р.}})] = 0,2[(Q_{\text{эт}} + D/\tau_{\text{н.пр.}}) - (Q_{\text{эт}} - Q_0) \cdot \eta], \quad (4)$$

радиационно-конвективные потери ($Q_{\text{р.к.}}$):

$$Q_{\text{р.к.}} = (Q_{\text{эт}} + D / \tau_{\text{н.пр.}}) - Q_{\text{исп.}} - Q_{\text{дых.}} - Q_{\text{м.р.}}, \quad (5)$$

где

D – дефицит теплоты в организме, Дж;

$\tau_{\text{н.пр.}}$ – время непрерывного пребывания оператора МСХТ в заданных условиях, ч;

$Q_{\text{дых.}}$ – потери теплоты на нагрев вдыхаемого воздуха ($Q_{\text{дых.}}$) в зависимости от температуры производственной среды;

а также плотность теплового потока на единицу поверхности тела человека (q):

$$q = Q_{\text{р.к.}}/S. \quad (10)$$

Средневзвешенное значение температуры тела человека для теплоощущения «комфортно» находится по формуле [11]:

$$t_{\text{к.т.}} = 36,07 - 0,035Q_{\text{эт}}/S. \quad (7)$$

Зная плотность теплового потока, а также значения температур соответственно для ощущения «комфортно» и производственной среды, определяется суммарное термическое сопротивление одежды ($R_{\Sigma} = (t_{\text{к.т.}} - t_6)/q$) и снижение её теплового сопротивления (C) в соответствии со скоростью потока воздуха (V) и воздухопроницаемостью ($BП$) материалов верха одежды ($C = (0,07 \cdot BП + 2)V$).

Заключение

Рассмотрены инженерно-технические решения для предупреждения травмоопасной ситуации при управлении ТССН, повышения работоспособности и внимательности операторов ТССН, снятия состояния их утомления и усталости. Рассмотрен организационный вопрос по обоснованию выбора специальной одежды работника.

Список использованных источников

1. Мисун, Л.В. Организационно-технические мероприятия для повышения безопасности и улучшения условий труда операторов мобильной сельскохозяйственной техники / Л.В. Мисун и [др.]. – Минск: БГАТУ, 2012. – 192с.
2. Мисун, И.Н. Мероприятия по обеспечению безопасности дорожного движения при управлении транспортными средствами сельскохозяйственного назначения / И.Н. Мисун, А.Г. Кузнецов, А.П. Миронь, В.Л. Мисун // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции: сборник статей IV международной научно-практической конференции. Минск, 21–22 марта 2019 года / редкол. : В.Я Груданов [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2019. –С. 310–312.
3. http://www.aramaic.ru/Aromaterapiya_-_aramati_vmesto..._tabletki/
4. Устройство для предупреждения от засыпания оператора транспортного средства сельскохозяйственного назначения: патент 12302 Республики Беларусь / А.Л. Мисун, О.Г. Агейчик, Л.В. Мисун [и др.]; заявл. 12.11.2019 г. ; опубл. 30.06.2020.
5. Безопасное рулевое управление для транспортного средства сельскохозяйственного назначения: патент 12366 Республики Беларусь / А.Л. Мисун, О.Г. Агейчик, Л.В. Мисун [и др.]; заявл. 20.12.2019 г. ; опубл. 30.08.2020.
6. Лестница для технического средства : патент 11743 Республики Беларусь / Л.В. Мисун, В.В. Азаренко, А.Л. Мисун [и др.]; заявл. 14.01.2018г., опубл. 18.06.2018.
7. Съёмная нескользящая подошва обуви : патент 109377 РФ / В. Е. Евсеевич, А. В. Соломонович ; заявл. 19.04.2011 ; опубл. 20.10.2011.
8. Чехол для кресла транспортного средства : патент 11800 Республики Беларусь // Л.В. Мисун, В.В. Азаренко, А. Л. Мисун [и др.] ; заявл.26.05.2018 ; опубл.27.10.2018.
9. Физиологические и медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности: практикум: в двух частях / Л.В. Мисун [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2009. – Ч. 1: Физиология человека. – 128 с.

10. Устройство для защиты от пота : патент 2143937 РФ / В.М. Сорока ; заявл. 05.09.1994 ; опубл.10.01.2000.

11. Мисун А.Л. Обеспечение безопасности производственной среды в кабине мобильной сельскохозяйственной техники // А.Л. Мисун [и др.]. // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Промышленность. Прикладные науки, 2018. –№11. –С.24–27.

Н.Д. Лепёшкин¹, В.В. Мижурин¹, Д.В. Зубенко²¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

e-mail: mehposev@mail.ru²УО «Марьиногорский государственный ордена «Знак Почета»

аграрно-технический колледж имени В. Е. Лобанка»

п. Марьино, Республика Беларусь

К ОБОСНОВАНИЮ КОНСТРУКТИВНОЙ СХЕМЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ПЕРСПЕКТИВНЫХ ШИРОКОЗАХВАТНЫХ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ СЕЯЛОК

В статье произведен анализ дополнительных элементов устанавливаемых в распределительном устройстве вертикального типа посевных машин, с помощью которых повышается качество распределения посевного материала по сошникам, на его основании обоснована конструктивная схема распределяющего устройства для перспективной широкозахватной пневматической сеялки обеспечивающего требуемое агротехникой качества распределения посевного материала по сошникам.

Ключевые слова: распределительное устройство, посевной материал.

Lepeshkin N.D.¹, Mizhurin V.V.¹, Zubenko D.V.²¹SUE «SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization»

Minsk, Republic of Belarus

e-mail: mehposev@mail.ru²EE «Maryinogorsk state awards «Honour Sign»

agrarian and technical college of V. E. Lobanok»

s. Maryino, Republic of Belarus

TO THE JUSTIFICATION OF THE CONSTRUCTION DIAGRAM OF THE DISTRIBUTION DEVICE OF PERSPECTIVE WIDE-COVERING PNEUMATIC SEEDERS

The article analyzes additional elements installed in the distribution device of the vertical type of sowing machines, with the help of which the quality of the distribution of the seed along the openers is increased, on its basis the structural diagram of the distribution device for a promising wide-coverage pneumatic seeder providing the quality of distribution of the seed among the openers required by agricultural technology.

Keywords: distributor, seed.

Введение

Распределительные устройства посевного материала является одной из наиболее важных частей пневматической системы высева посевных машин. Они должны обеспечивать равномерное распределение посевного материала, который поступает от питающих (дозировующих) устройств по сошникам. В мировой практике известно [1, 2] два типа распределительных устройств – горизонтальный и вертикальный. Однако первый тип распределительных устройств из-за ряда своих особенностей широкого распределения, применительно к широкозахватным посевным машинам, не получил. Наибольшее распространение здесь получили распределяющие устройства вертикального типа, и, в первую очередь, устройства пассивного действия. Вместе с тем, как показывают испытания и практика использования посевных машин с распределяющими устройствами вертикального типа в хозяйствах республики [3, 4] они не в полной мере обеспечивают агротехнические требования по неравномерности распределения посевного материала по сошникам.

Основной причиной, которая обуславливает неравномерное распределение посевного материала по сошникам наряду с неправильным подбором технологических режимов, является несовершенство их конструкции.

Цель работы – обоснование конструктивной схемы распределяющего устройства для перспективной широкозахватной пневматической сеялки обеспечивающего требуемое агротехникой качества распределения посевного материала по сошникам.

Основная часть

Особенностью конструкции распределительного устройства вертикального типа,

применительно к широкозахватным посевным машинам является то, что если для машин ширина которых не превышает 6 метров, то распределительное устройство (чаще всего) совмещают с питателем. Для машин же шириной более 6 метров распределительные устройства располагают на некотором удалении от питателя (до 4–6 м), что предполагает наличие дополнительного прямолинейного участка на входе в распределитель. Поэтому распределительное устройство вертикального типа не совмещенное с питателем, как правило, представляет собой вертикальную колонну, к нижнему сочленению которой присоединен отвод (коленообразный патрубок), а к верхнему – распределительная головка, с отводящими патрубками на боковой поверхности, соединенными семяпроводами с сошниками.

Принцип работы такого устройства залучается в следующем. Воздушный поток, создаваемый вентилятором, транспортирует посевной материал от питателя к распределительному устройству, при входе в которое происходит изменение направления движения с горизонтали на вертикаль (движение в отводе), далее посевной материал поступает в вертикальную колонну, где создается восходящий поток материаловоздушной смеси, который затем направляется в распределительную головку и далее, отражаясь от крышки распределительной головки направляется через отводящие патрубки в сошники.

В процессе движения посевного материала по вертикальному распределительному устройству можно выделить три основных участка:

- участок ввода посевного материала в распределительное устройство (отвод)»;
- участок разгона и распределения посевного материала в поперечном сечении (вертикальная колонна);
- участок распределения посевного материала по семяпроводам (распределительная головка) (рис. 1).

С целью совершенствования процесса распределения посевного материала в распределительном устройстве на его участках размещают дополнительные элементы различного конструктивного исполнения, способствующие созданию более однородной материало-воздушной смеси по сечению этих участков.

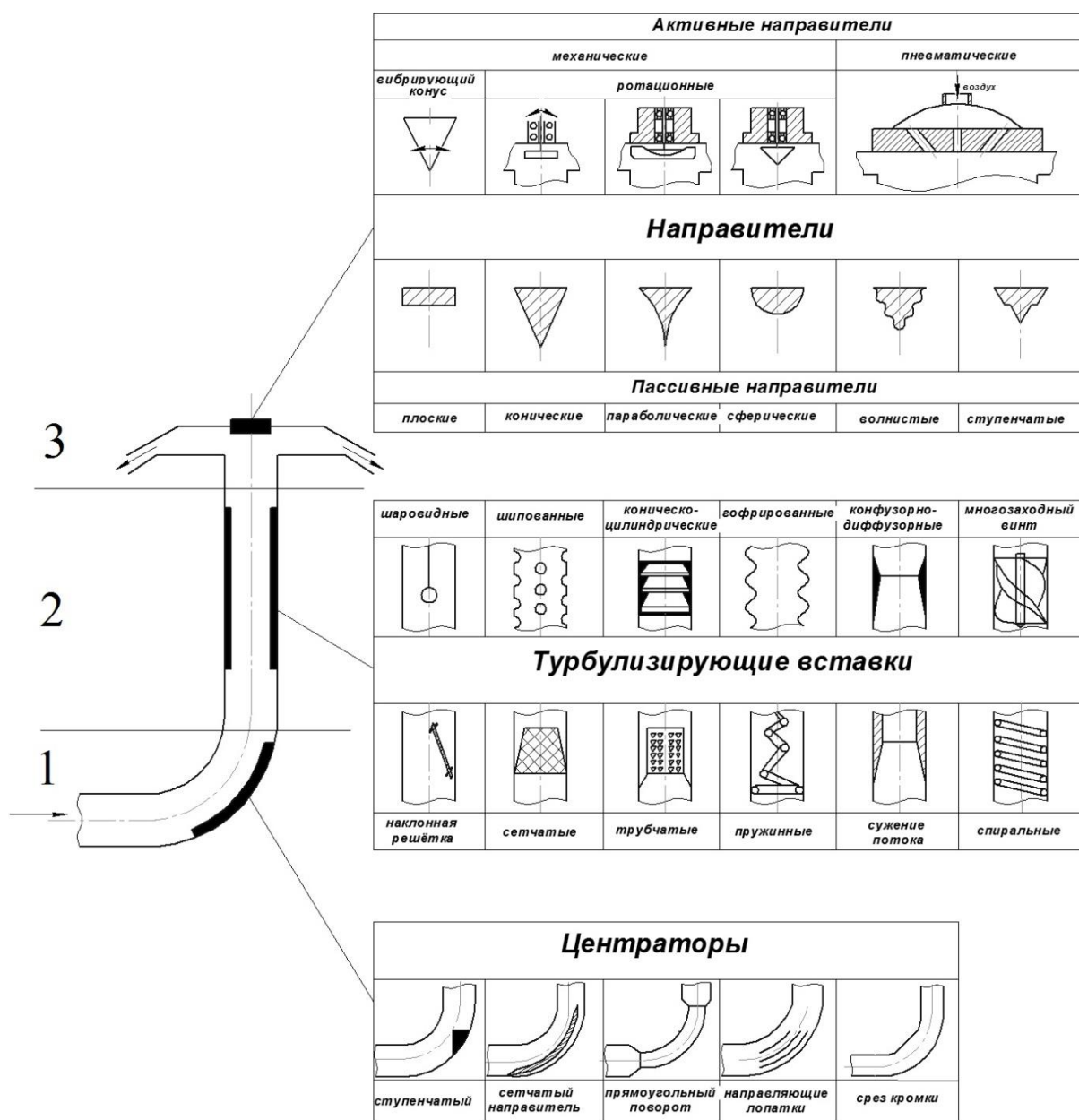


Рис. 1. Схема вертикального распределительного устройства и дополнительных элементов
1 – отвод; 2 – вертикальная колонна; 3 – распределительная головка

Так, в отводе для выравнивания потока смеси и подачи его в центр вертикальной колонны устанавливают центраторы, которые могут быть различного вида: ступенчатые, сетчатые, в виде прямоугольного поворота, направляющих лопаток, среза кромки и др.

В вертикальной колонне для выравнивания концентрированного потока посевного материала (по ее поперечному сечению) применяют турбулизирующие вставки, которые способствуют увеличению турбулентности потока и, соответственно, выравниванию.

По конструкции вставки могут быть шаровидными, шиповидными, коническо-цилиндрическими, гофрированными, конфузочно-диффузорными, сетчатыми, трубчатыми, пружинными, спиральными, в форме наклонной решетки, сужения потока и др. В распределительной головке устанавливаются направлятели, которые снижая травмирование посевного материала (косое соударение), равномерно направляют его по отводящим патрубкам. Эти устройства также имеют различную геометрическую форму: плоскую, коническую, параболическую, сферическую, волнистую и ступенчатую. Особо следует отметить распределительные головки с активными направлятелями, которые, по воздействию на посевной материал, могут быть механическими.

В качестве основного рабочего органа выступают вибрирующие или ротационные элементы (лопасти, конусы), а так же пневматические, в которых на посевной материал воздействует

воздушный поток.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что для улучшения работы вертикальных распределительных устройств целесообразно использовать дополнительные элементы. При этом надо отметить, что применение дополнительного элемента только на одном участке распределительного устройства бывает недостаточно. Поэтому в большинстве случаев заводы-изготовители применяют дополнительные элементы питания на нескольких участках. В основном этими участками являются вертикальная колонна и распределительная головка.

В этой связи предлагается конструктивная схема распределительного устройства (рис. 2), содержащего распределитель 1 с отводящими патрубками 2; входной трубопровод 3 с коленообразным патрубком 4; турбулизатор воздушной смеси 5, выполненный в виде соосно установленных двух круглых усеченных конусов 6, 7, имеющих общее верхнее основание 8, турбулизатор воздушной смеси 5 установлен в верхней части L входного трубопровода 3 с коленообразным патрубком 4; в распределитель 1 с отводящими патрубками 2 соосно с входным трубопроводом 3 установлен конусный отражатель 9, вершина A которого обращена к турбулизатору воздушной смеси 5, при этом, образованная между конусным отражателем 9 и верхним конусом 6 турбулизатора воздушной смеси 5 щель, имеет сужение в сторону отводящих патрубков 2.

Устройство работает следующим образом. Высеваемый материал из дозатора сеялки (не показана) поступает в распределитель 1 через входной трубопровод 3 с коленообразным патрубком 4 и установленным в его верхней части L турбулизатором воздушной смеси 5. В коленообразном патрубке 4 высеваемый материал под действием инерционных сил смещается к поверхности с большим радиусом кривизны. В турбулизаторе воздушной смеси 5, за счет сужения в круглом усеченном конусе 7, скорость высеваемого материала возрастает, и он выравнивается по всей площади поперечного сечения; затем, за счет расширения круглого усеченного конуса 6 на выходе из турбулизатора воздушной смеси 5, происходит интенсивное перемешивание высеваемого материала с воздухом и формирование однородной материало-воздушной смеси.

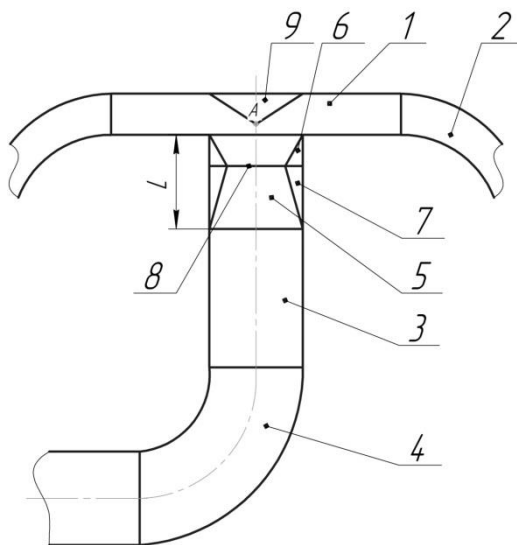


Рис. 2. Схема распределительного устройства вертикального типа

1 – распределитель; 2 – отводящие патрубки; 3 – входной трубопровод; 4 – коленообразный патрубок; 5 – турбулизатор; 6, 7 – усеченные конуса; 8 – основание; 9 – конусный отражатель

Далее поток материало-воздушной смеси поступает на конусный отражатель 9, который плавно без травмирования переводит поток из вертикального положения в горизонтальное, а затем направляет в отводящие патрубки 2. При этом образованная между конусным отражателем 9 и верхним конусом 6 турбулизатора воздушной смеси 5 щель, имеющая сужение в сторону отводящих патрубков 2, создает сужение потока на выходе из распределителя, что обеспечивает сохранение скорости и однородности потока, которые влияют на равномерное распределение высеваемого материала по отводящим патрубкам 2.

Испытания распределяющего устройства имеющего 36 отводящих патрубков и выполненного по предлагаемой конструктивной схеме на сеялках показали, что данное конструктивное решение эффективно, т.к. обеспечивает требуемую неравномерность распределения основных видов семян зерновых и зернобобовых культур по отводящим патрубкам и далее по

сошникам. При этом значения неравномерности распределения семян зерновых культур по сошникам составили 3,2–4,5 %, а зернобобовых – 4,7–5,1 %.

Заключение

В результате проведенных исследований установлено, что в пневматических системах высева широкозахватных посевных машин (6 и более метров) целесообразно использовать распределительное устройство вертикального типа, а для снижения неравномерности распределения семян по сошникам в его конструкции применять дополнительные элементы. В вертикальной колонне – турбулюзирующую вставку, а в распределительной головке – направитель. Такое конструктивное исполнение позволит обеспечить, путем последовательного взаимодействия потока семян с указанными элементами, требуемое (по агротехнике) значение показателя неравномерности распределения семян по сошникам.

Список использованных источников

1. Чеботарев, В.П. Классификация пневматических высевальных систем / В.П. Чеботарев, Н.Д. Лепешкин, Ю.Л. Салапура, Д.В. Зубенко / Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве : материалы Междунар. науч.- практ. Конф., Минск, 10-11 октября 2012 г. : В 3 т. РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», – Т.2. – С. 223 –228.
2. Распределитель высевальных материалов пневматических сеялок : пат. 3729 ВУ, МПК 7 А01С7/00 / Н.Д. Лепешкин, А.А. Точицкий, А.Л. Медведев, Ю.Л. Салапура ; заявитель РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – № 20070030; заявл. 18.01.07 ; опубл. 18.04.07.
3. Астахов, В.С. Совершенствование пневматических высевальных систем сеялок / В.С. Астахов – Горки : УО «Могилевский гос. учебный центр подготовки повышения квалификации, переподготовки кадров, консультирования и аграр. реформы», 2007. – 148 с.
4. Протокол № 119 Б 1/3 – 2018 Ц от 12.12.2018 года приёмочных испытаний агрегата почвообрабатывающее-посевного АПП – 9 / ГУ «Белорусская МИС» – 2018. – 120 с.

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

ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕ-ПОСЕВНОЙ АГРЕГАТ АПП – 9. ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

В статье приведены описание конструкции и принципа работы почвообрабатывающе-посевого агрегата АПП – 9, а также результаты его приёмочных испытаний.

Ключевые слова: почвообрабатывающе-посевной агрегат, приёмочные испытания.

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

TILLAGE SEEDING UNIT АПП – 9. DESIGN FEATURES AND TEST RESULTS

The article describes the design and principle of operation of the soil cultivation and sowing unit АПП – 9, as well as the results of its acceptance tests.

Keywords: tillage and sowing unit, acceptance tests.

Введение

Совмещение технологических операций путем создания и широкого применения комбинированных машин – основное направление модернизации технологий обработки почвы и посева в целях повышения качества выполняемых работ, плодородия почвы и снижения ресурсопотребления.

Для совмещения операций предпосевной обработки почвы и посева зерновых и других культур в республике освоены в производстве и выпускаются на: ОАО «БЭМЗ» – почвообрабатывающе-посевные агрегаты АПП-3, АПП-3А, АПП-4А, АПП-6АБ, АППМ-4, АППМ-6; ОАО «Лидоагропромаш» – АПП-6, АПП-6А, АПП-6Г, АПП-6Д; на ОАО «Бобруйсксельмаш» – агрегат АППМ-6 и его модификации. Применение таких агрегатов обеспечило повышение производительности труда до 60 % и снижение расхода топлива на 1,5 – 2 кг/га по сравнению с раздельным выполнением предпосевной подготовки почвы агрегатами АКШ и посева сеялками СПУ [1].

Вместе с тем в освоенных в республике почвообрабатывающе-посевных агрегатах максимальная ширина захвата составляет 6 метров, что обеспечивает оптимальную загрузку тракторов мощностью до 300 л.с.

Поскольку в настоящее время в республике освоено производство тракторов мощностью 350 л.с., то для их загрузки должны быть разработаны почвообрабатывающе-посевные агрегаты шириной захвата 9 метров. Наряду с загрузкой нового трактора, разработка широкозахватного почвообрабатывающе-посевого агрегата обусловлена и имеющимися в республике условиями их эффективного использования, а это, в первую очередь, поля длиной гона 600 метров и более, общая площадь которых составляет 584,6 тыс. га [2].

Основная часть

В РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработан и прошел приёмочные испытания в ГУ «Белорусская МИС» почвообрабатывающе-посевной агрегат АПП-9. Опытный образец агрегата был изготовлен на ОАО «БЭМЗ» [4].

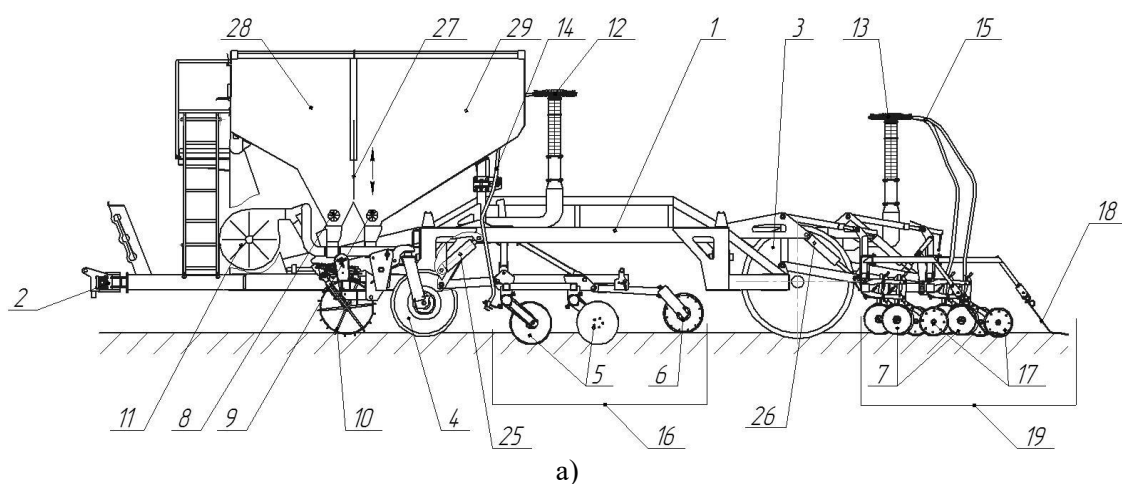
Сущность конструктивного решения агрегата и принцип его работы поясняется рис. 1 и рис. 2.

Почвообрабатывающий посевной агрегат АПП – 9 включает раму 1 с присоединительным устройством 2, опорные колеса 3, 4, подрезающие рабочие органы 5, последовательно установленные после них катки 6 и заделывающие органы 7, системы подачи семян и удобрений, содержащие

бункер, дозирующие и транспортирующие устройства. При этом дозирующие устройства включают в себя дозаторы 8, 9, и привод дозаторов 10, а транспортирующие устройства включают вентилятор 11, делительные головки 12, 13 и материалопроводы 14, 15. Особенностью агрегата является то, что рыхлительные рабочие органы 5 выполнены в виде сферических дисков и в комплекте с катками 6 собраны в почвообрабатывающие секции 16. Сошниковые группы 7 выполнены в виде дисковых сошников с установленными после них прикатывающими каточками 17 и загортачами 18, собранными в посевные секции 19. При этом рама агрегата 1 состоит из центральной рамы 20 и соединенных с ней с помощью шарниров 21 и гидроцилиндров 22, двух боковых рам 23, 24. На каждой из рам 20, 23 и 24 навешены секции 16, 19 с возможностью изменения положения секций 16, 19 по высоте с помощью гидроцилиндров 25, 26.

Кроме того, бункер изготовлен цельным и имеет подвижную перегородку 27 разделяющую его отсек на две части (отсеки), одна для семян 28, другая для удобрений 29, а за опорными колесами 3, расположенными после почвообрабатывающих секций, установлены рыхлители 30.

Почвообрабатывающе-посевной агрегат АПП – 9 работает следующим образом. С помощью присоединительного устройства 2 агрегат присоединяют к трактору и в транспортном положении доставляют на поле. Далее боковые рамы 23, 24 с помощью шарниров 21 и гидроцилиндров 22 переводятся в рабочее положение. Перед началом движения устанавливают, путем перемещения по высоте с помощью гидроцилиндров 25, 26 почвообрабатывающих и посевных секций, требуемую глубину обработки почвы и заделки семян. Включают привод дозаторов 10 и вентилятор 11.



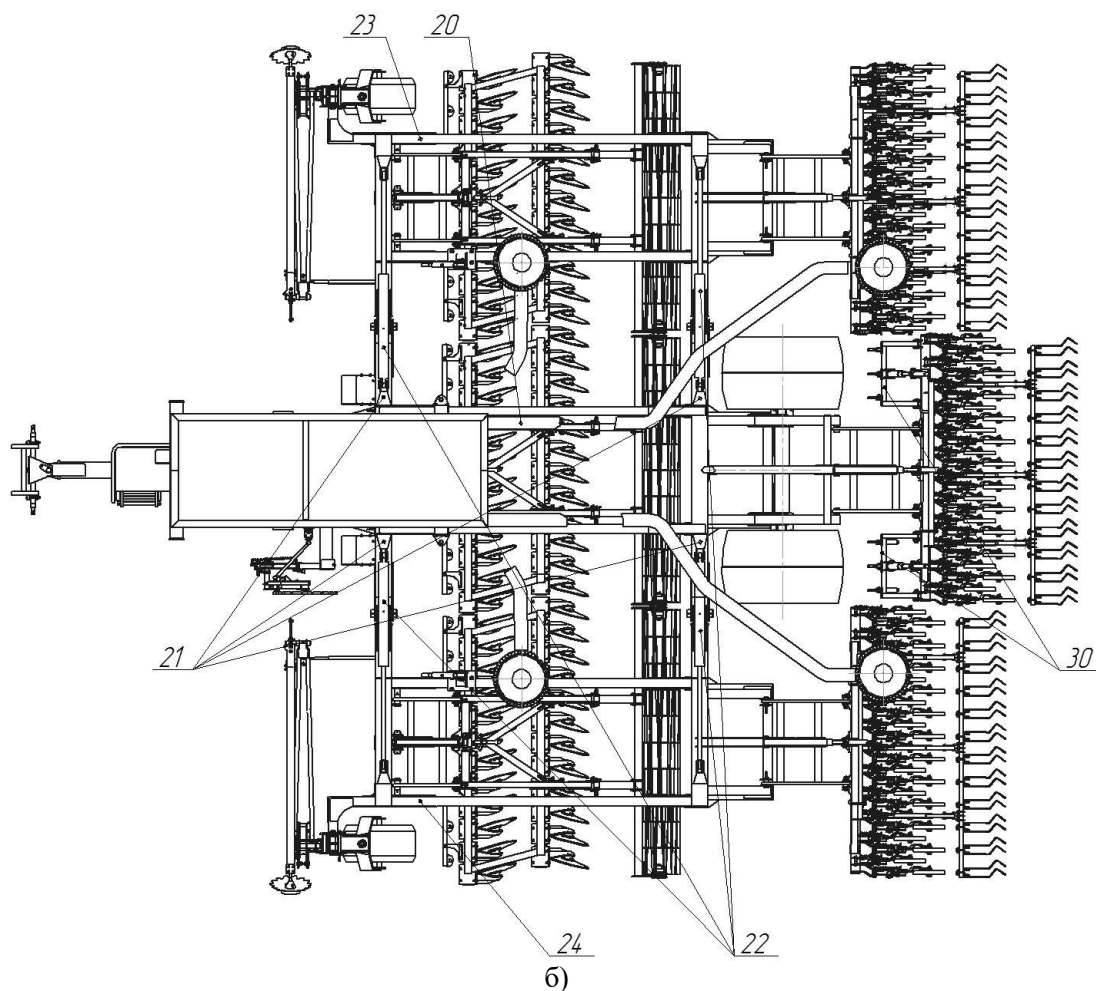


Рис. 1. Конструктивная схема почвообрабатывающе-посевной агрегат АПП – 9

а – вид сбоку; б – вид сверху.

1 – рама; 2 – присоединительное устройство; 3, 4 – опорные колеса; 5 – рабочие органы; 6 – каток; 7 – заделывающие органы; 8, 9 – дозатор; 10 – привод дозатора; 11 – вентилятор; 12, 13 – делительная головка; 14, 15 – материалопровод; 16 – почвообрабатывающая секция; 17 – прикатывающий каток; 18 – загортач; 19 – посевные секции; 20 – центральная рама; 21 – шарнир; 22, 25, 26 – гидроцилиндр; 23, 24 – боковая рама; 27 – подвижная перегородка; 28 – отсек для семян; 29 – отсек для удобрений; 30 – рыхлитель



Рис. 2. Почвообрабатывающе-посевной агрегат АПП – 9 в работе

При движении рыхлительные рабочие органы 5 подрезают на заданной глубине и предварительно крошат почву. В это время под рыхлительные рабочие органы дозированно с помощью дозаторов 9, приводимых в движение приводом 10, из отсека бункера для удобрений 29 под давлением, которое создается вентилятором 11, через делительные головки 12 по материалопроводам 14 подаются удобрения. Катки 6 производят окончательное крошение, выравнивание и

подуплотнение почвы на глубине заделки семян. При этом рыхлители 30 заделывают колею, оставленную опорными колесами 3. Одновременно с семенного отсека 28 бункера с помощью дозаторов, а также делительных головок 13 под давлением, создаваемым вентилятором 11, семена по материалопроводам 15 поступают к заделывающим органам 7, которые их укладывают на подуплотненную катком в почву. Предварительная заделка семян происходит в результате осыпания почвы после прохода сошника, а окончательная – прикатывающими каточками 17 и загортачами 18.

При движении агрегата по полю, с неровным по ширине его захвата рельефом поля, рабочие органы почвообрабатывающих и посевных секций, за счет шарнирного соединения боковых рам 23, 24 с центральной 20, точно копируют рельеф поля и производят обработку почвы и посев на заданную глубину.

Для проведения операций исключительно по обработке почвы и внесения удобрений посевные секции 19 с помощью гидроцилиндров 26 переводятся в транспортное положение или отсоединяются от рам 20, 23, 24, при этом отличаются дозаторы 9 и поднимается перегородка 27 в бункере. Если необходимо производить только обработку почвы, то отключаются и дозаторы удобрений 8. При обработке почвы на полях небольших размеров почвообрабатывающие секции 16 отсоединяются от рам 20, 23, 24 и навешиваются на другие трактора меньшей мощности.

Предложенное конструктивное исполнение агрегата, где рыхлительные рабочие органы в комплекте с катками собраны в почвообрабатывающие секции, а сошники, прикатывающие каточки и загортачи – в посевные секции, позволяет в перспективе комплектовать агрегат сменными почвообрабатывающими и посевными секциями с набором рабочих органов, наиболее полно адаптированным к высеваемым культурам, обрабатываемым фонам и почвам. Например, устанавливать почвообрабатывающие секции не только с набором сферических дисков, но и стрельчатых лап, а посевные секции с набором как дисковых, так и килевидных или лаповых сошников.

Техническая характеристика почвообрабатывающе-посевого агрегата АПП – 9 представлена в таб. 1.

Т а б л и ц а 1. – Техническая характеристика опытного образца почвообрабатывающе-посевого агрегата АПП – 9 (в соответствии с техническим заданием)

Наименование показателя	Значение
Тип агрегата	полунавесная
Ширина захвата, м	9
Масса конструктивная, кг	15 550
Агрегатирование	трактора мощностью 350–400 л.с. («Беларус 3522» и аналогичные импортные)
Габаритные размеры агрегата, мм: – в рабочем положении (длина/ширина/высота) – в транспортном положении (длина/ширина/высота)	13000/9500/3600 13000/4400/4000
Вместимость отсеков бункера, дм ³ : - общая – отсека для семян – отсека для удобрений	6000 3600 2400
Конструктивная ширина междурядий, см: – сошников для заделки семян – почвообрабатывающих дисков для заделки минеральных удобрений	12,5 25,0
Диаметр дисков сошников, мм – для удобрений – для семян	400 360
Количество дозирующих устройств, шт.	4
Количество сошников, шт.	72
Диаметр дисков сошников, мм	320
Диаметр прикатывающих каточков, мм	280
Количество дисков почвообрабатывающих, шт.	72
Диаметр дисков почвообрабатывающих, мм	520
Тип почвообрабатывающего катка	спирально-гребчатый
Диаметр почвообрабатывающего катка, мм	520

Приёмочные испытания агрегата АПП – 9 [4] при первичной технической экспертизе и лабораторно-стендовых испытаниях проводились в ГУ «Белорусская МИС», а при функциональной и

эксплуатационно-технологической оценках, оценке на надежность – в ОАО «Тимирязевский» Копыльского района.

Лабораторно-стендовые испытания проводились на высевах семян пшеницы, ржи, ячменя, гороха, рапса и минеральных удобрений. Показатели качества выполнения технологического процесса и эксплуатационно-технологические показатели определялись на посевах семян пшеницы.

В результате лабораторно-стендовых испытаний установлено, что агрегат обеспечивает требуемые нормы высева семян указанных культур, при этом показатели неустойчивости нормы высева, неравномерности высева между сошниками, дробление семян в основном соответствовали требованиям ТЗ и ТНПА.

При посеве с установочной глубиной рыхления 7,0 см средняя фактическая глубина обработки почвообрабатывающими секциями составила 7,0 см, стандартное отклонение $\pm 2,4$ см, высота гребней почвы после почвообрабатывающих секций 4,0 см (по ТЗ – 4,0 см, не более). При глубине заделки семян 44,0 мм, отклонение глубины заделки от заданной составила 0,4 мм (по ТЗ – $\pm 10,0$ мм).

При эксплуатационно-технологической оценке при посеве с установленной нормой высева 260 кг/га и скорости движения 10,2 км/ч получены следующие результаты:

- производительность за основное время работы – 9,18 га/ч;
- производительность за сменное время работы – 5,49 га/ч;
- удельный расход топлива за сменное время работы – 6,7 кг/га.

При наработке агрегата 1717 га коэффициент готовности по оперативному времени составил 0,98. Ежедневное оперативное время технического обслуживания агрегата 0,35 ч и удельная оперативная трудоемкость технических обслуживаний 0,04 чел.-ч/ч.

При технической экспертизе агрегата АПП – 9 по показателям безопасности, на соответствие действующим в Таможенном союзе техническим нормативным правовым актам (ТНПА), несоответствий не установлено.

Расчет экономических показателей использования агрегата АПП – 9, приведенный по результатам эксплуатационно-технологической оценки, в сравнении с импортным аналогом Pronto 9 DC «Horsch» (Германия) показал, что применение отечественного агрегата АПП – 9 обеспечивает годовой приведенный экономический эффект в размере 44048,16 руб. (декабрь 2018 г.).

Заключение

1. Для повышения производительности на подготовке почвы и посеве зерновых культур разработан отечественный почвообрабатывающе-посевной агрегат АПП – 9, который является первым агрегатом такого класса, выпущенным в Беларуси.

2. Конструктивное исполнение агрегата АПП – 9, где почвообрабатывающие и посевные рабочие органы собраны в отдельные секции, позволяет не только загрузить трактора мощностью 350 л.с., но и использовать его почвообрабатывающие секции с тракторами меньшей мощности, а в перспективе – комплектовать агрегат сменными почвообрабатывающими и посевными секциями, что позволит наиболее полно адаптировать его к высеваемым культурам, обрабатываемым фонам и почвам.

3. Приёмочными испытаниями определены фактические значения показателей агрегата АПП – 9 и установлено, что опытный образец в основном соответствует ТЗ и другим ТНПА по функциональным и агротехническим показателям, удельному расходу топлива и показателям безопасности.

Список использованных источников

1. Точицкий, А.А. Обеспечение высокого качества и экономии ресурсов на обработке почвы и посеве озимых культур. / А.А. Точицкий, Н.Д. Лепешкин, П.Н. Гарост // Международный аграрный журнал – 2001 – № 12. – С. 41–44.
2. Лепешкин, Н.Д. Повышение эффективности механизации посева зерновых культур путем оптимизации параметров машин и технологических процессов: дис.... канд. техн. наук. : 05.20.03. / Н.Д. Лепешкин. – Минск, 1999 – 242 с.
3. Почвообрабатывающе-посевной агрегат : пат. 11936 ВУ, МПК 7 А01В49/06, А01В79/02 / Н.Д. Лепешкин, В.В. Мижурин, Д.В. Заяц ; заявитель РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – № u 20180090 ; заявл. 02.04.18 ; опубл. 28.09.19.
4. Протокол № 119 Б 1/3 – 2018 НЦ от 12 декабря 2018 приёмочных испытаний агрегата почвообрабатывающе-посевного АПП – 9 / ГУ «Белорусская МИС» – 2018. – 120 с.

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

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИЁМОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА СЕЯЛКИ ПРЯМОГО ПОСЕВА СПП – 9

В статье приведены описание конструкции и принципа работы сеялки прямого посева СПП – 9, а также результаты её приёмочных испытаний.

Ключевые слова: сеялка прямого посева, приёмочные испытания.

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

RESULTS OF ACCEPTANCE TESTS OF AN EXPERIMENTAL SAMPLE OF DIRECT SEED DRILL СПП – 9

The article describes the design and operating principle of the СПП – 9 direct sowing machine, as well as the results of its acceptance tests.

Keywords: direct sowing machine, acceptance tests.

Введение

Известно, что технологический процесс обработки почвы и посева, обоснованный на применении отвальной вспашки, является наиболее энергоёмким в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур. Поэтому дальнейший рост производства и снижения себестоимости сельскохозяйственной продукции невозможны без глубокой модернизации существующих технологий обработки почвы и посева. Мировой опыт ведения сельского хозяйства показывает, что основу модернизации этих технологий по мере окультуривания полей должны составлять приёмы бесплужной минимальной обработки почвы и посева, в том числе и прямой посев.

На основании полевых опытов, проведенных аграрной наукой республики в последние годы, и учета почвенно-экологических условий пахотных земель, а также биологических особенностей сельскохозяйственных культур и их размещения в севообороте, возможный объем применения бесплужных технологий в настоящий момент может составить 800 тыс. га. При этом объем в перспективе может быть увеличен, т.к. благоприятные почвы на пашне для минимальной обработки и прямого посева в республике составляют 64 % [1, 2]. Для осуществления прямого посева в республике ранее выпускалась: пневматическая сеялка СПП – 3,6 (ОАО «БЭМЗ») и механическая СЗС – 400 (ОАО «Бобруйсксельмаш»). Однако эти сеялки из-за малой ширины захвата и низкой производительности не нашли широкого применения. Таким образом, из проведенного анализа видно, что на сегодняшний день актуальной задачей является разработка и освоение производства широкозахватной сеялки прямого посева.

Основная часть

На основе проведенных исследований в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» для осуществления прямого посева разработана сеялка шириной захвата 9 метров к тракторам мощностью 350 л.с.

Сеялка СПП – 9 (рис. 1) предназначена для прямого посева зерновых и крестоцветных культур с одновременным внесением в почву гранулированных минеральных удобрений.



Рис. 1. Сеялка прямого посева СПП – 9

Сеялка состоит из рамы, прицепного устройства, колесного хода, бункера, бруса с волнистыми дисками, сошников бруса, на котором установлены сошники с прикатывающими каточками и загортачи, пневматической высевашей системы для высева семян и удобрений, автоматизированной системы контроля высева семян и удобрений, двух маркеров, гидравлической системы, пневматической тормозной системы, стояночного тормоза и электрооборудования.

Отличительной особенностью сеялки является установленные на сошниковом бруске сошники с разновеликими дисками, которые обеспечивают разноглубинную укладку семян и удобрений [3].

Технологическая схема работы сеялки следующая. При поступательном движении сеялки по полю волнистые диски разрезают почвенный пласт и растительные остатки перед сошником, и одновременно производят рыхление канавки. Следом за волнистым диском движется сошник, в котором сначала диск большим диаметром формирует более глубокую бороздку для удобрений, а затем диск с меньшим диаметром – более мелкую бороздку для семян. Одновременно на дно более глубокой бороздки из бункера посредством системы высева подаются удобрения, которые засыпаются сходящей с диска большего диаметра почвой, а затем в более мелкую бороздку подаются семена, которые предварительно заделываются почвой сходящей с диска меньшего диаметра, и почвой, самопроизвольно осыпающейся со стенок бороздки за дисками. Окончательная заделка семян производится прикатывающими каточками и загортачами.

Техническая характеристика сеялки СПП – 9 представлена в таблице 1.

Т а б л и ц а 1. – Техническая характеристика сеялки СПП – 9

Наименование показателя	Значение
Тип сеялки	Полунавесная
Ширина захвата, м	9
Масса конструктивная, кг	12 980
Габаритные размеры в транспортном положении, мм:	
– длина	8500
– ширина	4160
– высота	3750
Вместимость отсеков бункера, дм ³ :	
– отсека для семян	3610
– отсека для удобрений	2380
Расстояние между сошниками, см:	
– в ряду	15
– между рядами	870
Диаметр дисков сошников, мм	
– для удобрений	400
– для семян	360
Тип прикатывающих катков	с обрезиненным бандажом
Количество волнистых дисков, шт.	60
Диаметр дисков, мм	420
Эксплуатационно-технологические коэффициенты:	
– коэффициент использования сменного времени	0,59 – 0,61
– коэффициент использования эксплуатационного времени	0,58 – 0,60
– коэффициент надежности технологического процесса	0,90 – 0,99
Удельный расход топлива за сменное время. Кг/га	4,9 – 5,5
Рабочая скорость движения, км/ч	10 – 15

Первичная техническая экспертиза и лабораторно-стендовые испытания сеялки проводились в ГУ «Белорусская МИС».

Испытания по эксплуатационно-технологической, функциональной оценкам, а также надежности проводились на полях ОАО «Тарасово» Воложинского района, ОАО «Рапс» Минского района, РСДУП «Экспериментальная база «Зазерье»» Пуховичского района.

В процессе испытаний установлено [4], что сеялка обеспечивает высев пшеницы с нормами 60–300 кг/га, ячменя и ржи – 50–300 кг/га, рапса – 5–30 кг/га, удобрений – 50–250 кг/га. При этом неустойчивость высева не превышала 1,6 % (по ТЗ – 3 %). Неравномерность высева между сошниками 5 % для зерновых и 10 % для удобрений и крестоцветных.

Показатели качества заделки семян также соответствовали требованиям ТЗ: глубина заделки семян обеспечивалась в интервале 20–60 мм, отклонение глубины заделки от заданной не превышало 2,9 % (по ТЗ – 10 %), при этом глубина заделки удобрений была, на 1,5 см ниже глубины заделки семян.

Общая наработка за время испытаний составила 960 га.

В процессе испытаний была проведена оценка экономической эффективности сеялки СПП – 9 в сравнении с импортными аналогами Airseeder/Cultibar фирмы Kverneland (Германия). Установлено, что при использовании сеялки СПП – 9 себестоимость механизированных работ снижается на 32 %, а абсолютные капиталовложения окупаются за 6,2 года.

Кроме показателей качества посева по стерне во время испытаний были определены и показатели качества посева в обработанную почву. Последние также в основном соответствовали требованиям агротехники.

На основании результатов приёмочных испытаний сеялка рекомендована к постановке на производство. Заводом изготовителем определено ОАО «БЭМЗ».

Заключение

1. Для повышения производительности на прямом посеве разработана отечественная

широкозахватная сеялка прямого посева СПП – 9.

2. Приёмочными испытаниями определены фактические значения показателей сеялки СПП – 9 и установлено, что опытный образец в основном соответствует техническому заданию и другим нормативным актам по функциональным и агротехническим показателям, удельному расходу топлива, показателям безопасности.

3. Применение сеялки СПП – 9 по сравнению с аналогичными импортными сеялками экономически более эффективно.

Список использованных источников

1. Лапа, В. Можно и без плуга. Но выборочно... / В. Лапа, Е. Якимович, С. Небышинец, Н. Лепешкин, // Белорусская Нива – 2011 – № 67 (от 14 апреля 2011 г.). – С. 13–15.
2. Лапа, В. Можно и без плуга. Но выборочно... / В. Лапа, Е. Якимович, С. Небышинец, Н. Лепешкин, // Белорусская Нива – 2011 – № 68 (от 14 апреля 2011 г.). – С. 6–7.
3. Устройство для прямого посева : пат. 11632 ВУ, МПК 7 А01С7/20, А01В49/06 / Н.Д. Лепешкин, В.В. Мижурин, Д.В. Заяц, А.С. Мялик ; заявитель РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – № u 20170226; заявл. 20.06.17 ; опубл. 30.04.18.
4. Протокол № 099 Б 1/3 – 2016 НЦ приёмочных испытаний сеялки прямого посева СПП – 9 от 29 декабря 2016 / ГУ «Белорусская МИС» – 2016. – 116 с.

В.Н. Дашков, Л.В. Мисун, В.Л. Мисун*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: LLM_90@mail.ru*

К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ, ГЛАЗ И КОЖИ ПРИ РАБОТЕ С ПЕСТИЦИДАМИ В РАСТЕНИЕВОДЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ АПК

В статье рассмотрены направления улучшения условий и повышения безопасности труда в кабине транспортного средства сельскохозяйственного назначения (ТССН): предложены инженерно-технические решения для повышения внимательности оператора ТССН, снятия состояния его утомления и усталости при управлении ТССН. Сделан расчет термического сопротивления теплозащитной одежды оператора ТССН.

Ключевые слова: оператор транспортного средства сельскохозяйственного назначения, технические решения, работоспособность, тепловой баланс, внимательность.

V.N. Dashkov, L.V. Misun, I.N. Misun*Educational establishment «Belarusian State Agrarian Technical University»
Minsk, Republic of Belarus
e-mail: LLM_90@mail.ru*

IMPROVING THE SAFETY OF AGRICULTURAL VEHICLE OPERATORS

The article considers the directions of improving labor safety in the cabin of an agricultural vehicle. Technical solutions are proposed to increase safety and improve working conditions of operators of agricultural vehicles, which makes it possible to prevent the occurrence of a traumatic situation when driving an agricultural vehicle by increasing efficiency, attention, removing the state of fatigue and fatigue. The thermal resistance of the operator's thermal protective clothing is calculated.

Keywords: agricultural vehicle operator, technical solutions, operability, heat balance, attention.

Введение

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) и Международной организации труда (МОТ) пестициды являются причиной почти 15 % производственных травм в сельском хозяйстве, а также загрязнителем, который сознательно вносится человеком в окружающую среду. Все подобные химические вещества поражают различные компоненты природных экосистем, распространяются на большие пространства, удаленные от мест их применения, представляют непосредственную опасность и для самого человека. Методы и приемы, например, опрыскивания и опыливания растений различными инсектицидами и фунгицидами могут быть причиной загрязнения воздуха вредными аэрозолями. Поэтому способы применения пестицидов, кратность обработок посевов сельскохозяйственных культур должны строго соответствовать регламентам препаратов, разрешённых для их использования в сельском хозяйстве. Так, при опрыскивании растений следует следить за тем, чтобы факел распыла не направлялся потоком воздуха на работников, осуществляющих процедуру. Для этого учитывают благоприятное направление движения воздуха и прекращают работы при его изменении [1], так как мелкие капли легко выносятся ветром из зоны обработки и испаряются, что приводит к насыщению воздуха препаратами и проникновению препаратов в организм человека. Следует отметить, что человек (в состоянии покоя) за одну минуту вдыхает шесть-восемь литров воздуха. В процессе работы этот объем увеличивается и может достигать 100–120 л/мин [2], вследствие чего присутствие даже небольшого количества вредных веществ в воздухе рабочей зоны может привести к отравлениям и заболеваниям.

Результаты исследований

Для проведения работ с пестицидами должна использоваться только технология, техника и оборудование, прошедшие гигиеническую и технологическую оценку в установленном порядке и имеющие соответствующее разрешение учреждений Министерства здравоохранения Республики Беларусь [2]. На машинах должны быть краткие надписи, предупреждающие об опасности работы без средств индивидуальной защиты. Техника должна быть оборудована бачком вместимостью не менее 5 л и мылом для мытья рук обслуживающего персонала, аптечкой первой доврачебной помощи. При незначительных поломках машины во время работы ее необходимо остановить и провести ремонтные работы в средствах индивидуальной защиты.

Помещения для предпосевной обработки семян, упаковки и хранения протравленных семян (центры протравливания, заводы) оборудуются приточно-вытяжной вентиляцией и (или) местными аспирационными устройствами на рабочих местах. В помещениях для протравливания семян необходимо предусмотреть облицовку стен глазурованной плиткой, покрытие потолка масляной краской, устройство цементированных или выложенных плиткой полов, уклоны для стока воды. Воздух перед выбросом в атмосферу подлежит очистке. К санитарно-техническому оборудованию предъявляются требования согласно «Санитарных правил и норм содержания и эксплуатации производственных предприятий». Помещения после хранения протравленных семян необходимо убирать с применением обезвреживающих средств. При погрузке (выгрузке), транспортировке и севе протравленных семян необходимо соблюдать такие же меры предосторожности, как и при работе с пестицидами.

Аэрозоли, пары и газы, содержащиеся в воздухе как при выполнении технологического процесса, так и при хранении химических веществ, могут проникать в организм человека через органы дыхания, зрения, желудочно-кишечный тракт, кожу и воздействовать на ткани и биохимические системы, вызывая нарушения процессов нормальной жизнедеятельности. При этом вредные вещества, находящиеся в воздухе в виде аэрозольных частиц размером более 100 микрон в диаметре, обычно быстро оседают под действием силы тяжести и не представляют опасности. Частицы же диаметром менее 10 микрон могут достигать зоны газообмена в легких человека [3]. Учитывая это обстоятельство, все исполнители химзащитных работ должны проходить ежегодное медицинское обследование и иметь медицинскую книжку с отметкой врачей-специалистов о соответствующем допуске. Со всеми работниками в обязательном порядке должен проводиться инструктаж по охране труда с соответствующей записью в журнале регистрации. Также обязательно должен быть организован строгий учет с указанием в специальном табеле: вида работ, даты, применяемых препаратов, объекта обработок, расходуемого количества и др.

Наиболее опасным путем попадания вредных веществ в организм являются органы дыхания. Поверхность легочных альвеол, при среднем их растяжении, может достигать 100 м², а толщина альвеолярных мембран колеблется в пределах 0,004...0,01 мм, вследствие чего в легких создаются благоприятные условия для проникания газов, паров и пыли в кровь. Для предотвращения подобных ситуаций и повышения эффективности использования средств защиты органов дыхания, нами предлагается конструкция противоаэрозольного респиратора (рис. 1).

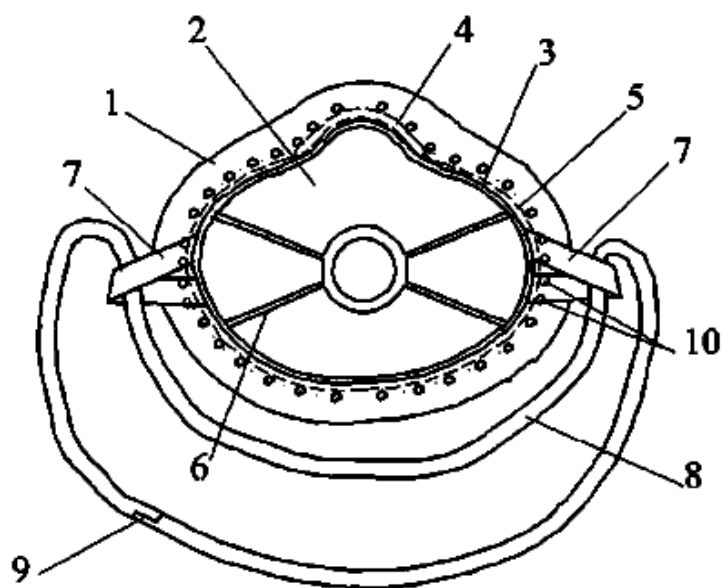


Рис. 1. Противоаэрозольный респиратор для защиты органов дыхания [4]

1 – полумаска; 2 – сорбционно-фильтрующий материал; 3 – обтюратор; 4 – носовой зажим; 5 – резиновый шнур странгулятора; 6 – фигурная распорка; 7 – крепежная петля; 8 – эластичный шнур; 9 – соединение шнура; 10 – точечное термическое соединение

Средство защиты запатентовано и содержащая: полумаску из сорбционно- фильтрующего материала с обтюратором, странгулятором и оголовьем, которое присоединено с двух сторон (с помощью эластичного шнура) к полумаске. Обтюратор в верхней его части имеет эластичное сеточное полотно, позволяющее охватить поверхности головы и ушей работника, что практически устраняет попадание вредных веществ в виде аэрозолей внутрь.

Могут проникать химические вещества (ароматические amino- и нитросоединения, фосфорорганические соединения и др.) и через кожный покров. Проникновение через кожу считается менее опасным путем отравления организма, поскольку всасывание вещества через кожу происходит достаточно медленно. Количество таких вредных веществ находится в прямой зависимости от их растворимости, площади поверхности соприкосновения с кожей и скорости кровотока. Подобные вещества, как правило, имеют предельно допустимые концентрации в воздухе рабочей зоны, что всегда оговаривается в прилагаемой пользовательской инструкции (например: «Требуется специальная защита кожи и глаз»).

Как было ранее отмечено, аэрозоли, пары и газы могут проникать в организм человека и через органы зрения – важнейшее из чувств, данных человеку от природы. С помощью зрения люди получают порядка 80 % всей информации, поступающей извне [5], видят окружающие объекты, их перемещение и цвет, ориентируются в обстановке и передвигаются в нужном направлении. В то же время, воздействие негативных факторов внешней среды (природных и техногенных) на орган зрения может привести к появлению острых и хронических заболеваний, а в некоторых случаях стать причиной полной потери зрения и инвалидизации [6]. Для предупреждения таких последствий производственной деятельности рекомендуются специальные средства защиты. Например, для работников АПК с пониженной функцией зрения, имеющих контакт в своей производственной деятельности с пестицидами (при их приготовлении, обработке посевов сельскохозяйственных культур), предлагается патентное решение конструкции респиратора (рис. 2), включающее фильтрующе-поглощающую систему из пакета эластичных фильтрующего и сорбирующего

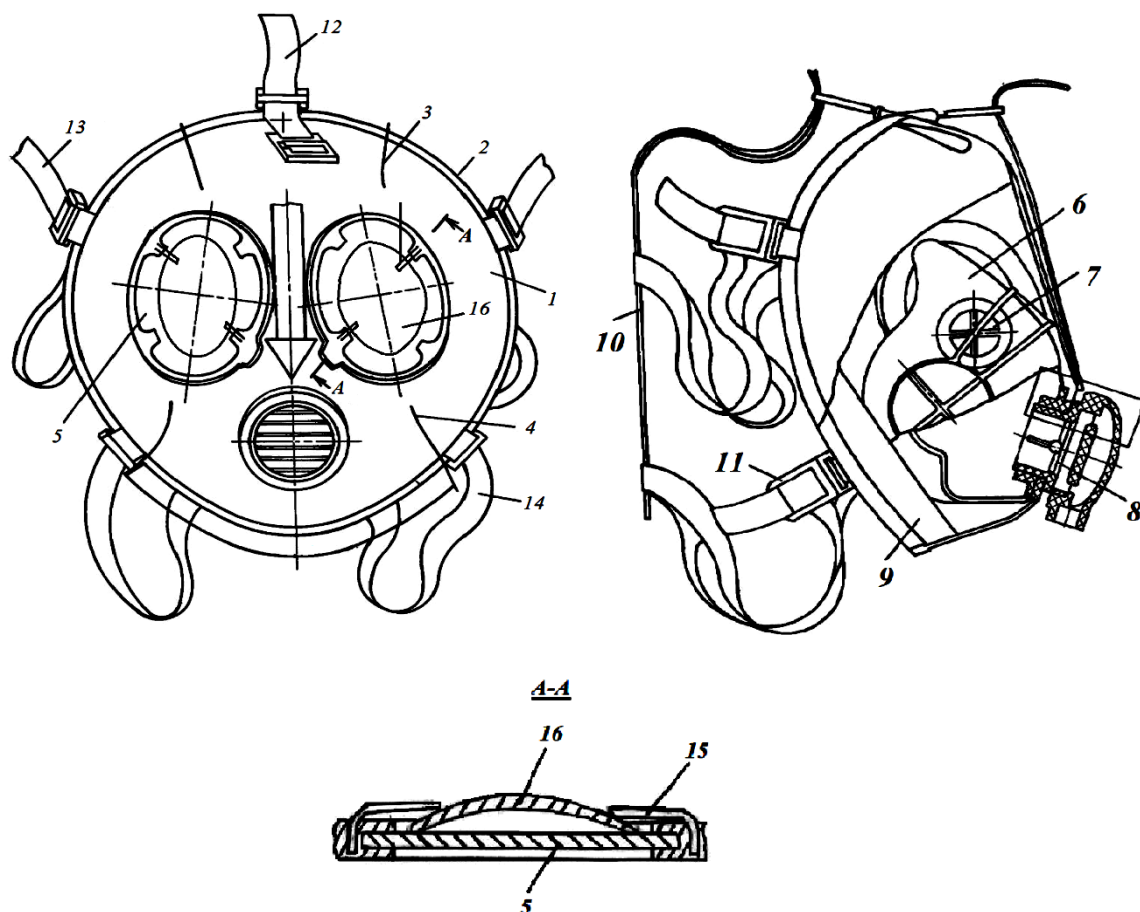


Рис. 2. Респиратор для защиты органов зрения и дыхания работников агропромышленного комплекса от воздействия вредных веществ [7]

1- корпус маски; 2- периметр; 3- лобная складка; 4- подбородочная складка; 5- очки; 6- подмасочник; 7- клапан вдоха; 8 - клапан выдоха; 9- обтюратор; 10- наголовник; 11- пряжка; 12,13,14; 15- зажим; 16-линза

материалов. Корпус фильтрующей маски соединен с очками, а также резиновым обтюратором и подмасочником. Изоляция подмасочного пространства от окружающей среды в лобной и подбородочной частях обеспечивается как конструктивными двумя симметричными складками, так и специальной конструкцией очков с пружинными наружными зажимами и возможностью установки на их наружной поверхности линз различных диоптрий в соответствии со степенью пониженности функции зрения работника. Служащий для разделения зоны видимости и дыхания, обеспечивающий незапотеваемость очков, резиновый подмасочник предотвращает как увлажнение фильтрующего и сорбирующего материала выдыхаемым воздухом, так и накопление диоксида углерода. Для индивидуального подбора респиратора должна проводиться его инструментальная проверка. При выявленной недостаточной изоляции работник не должен допускаться к выполнению работы, пока не будет подобран подходящий респиратор.

Заключение

Рассмотрены инженерно-технические решения для предупреждения травмоопасной ситуации при управлении ТССН, повышения работоспособности и внимательности операторов ТССН, снятия состояния их утомления и усталости. Рассмотрен организационный вопрос по обоснованию выбора специальной одежды работника.

Список использованных источников

1. Мисун, Л.В. Организация безопасной эксплуатации технических средств защиты растений в промышленном производстве клюквы / Л.В. Мисун, А.А. Зеленовский, В.Л. Мисун. – Минск: БГАТУ, 2011. – 124с.
2. Правила по охране труда при производстве и послеуборочной обработке продукции растениеводства // Библиотека журнала «Ахова працы», №9, 2008. –С. 125–244.
3. Бураков, А.Е. Применение углеродных нанотрубок для повышения эффективности работы волокнистых фильтров сверхтонкого обеспыливания газов // А.Е. Иванова // Вестник ТГТУ. –2009. – №3.Т.16. –С. 649–655.
4. Респиратор для защиты органов дыхания оператора мобильной сельскохозяйственной техники: патент 12071 Республики Беларусь / А.Л. Мисун, О.Г. Агейчик, Л.В. Мисун [и др.]; заявл. 26.10.2018; опубл. 30.08.2019.
5. Красильников, И.В. Обучение студентов медицинского вуза навыкам применения средств защиты органов дыхания, глаз и кожи / И.В. Красильников // Вестник совета молодых ученых и специалистов Челябинской области. –2017. –№3(18) Т.3. – С. 46–49.
6. Денисов, Э.И. профессионально обусловленная заболеваемость и ее доказательность / Э.И. Денисов, П.В. Чесалин // Медицина труда и промышленная экология. –2007. – №10. – С. 1–9.
7. Респиратор для защиты органов дыхания и зрения работников агропромышленного комплекса от воздействия вредных веществ: патент 12362 Республики Беларусь / А.Л. Мисун, О.Г. Агейчик, Л.В. Мисун [и др.] ; заявл. 24.01.2020; опубл. 30.08.2020г.

Е.И. Михайловский

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: N22-22@yandex.ru*

ФОРМИРОВАНИЕ РЕЗЕРВОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЗАТРАТ МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ

В статье приводятся результаты исследования по формированию системы резервов для *снижения* затрат материальных ресурсов с целью повышения эффективности функционирования производства на предприятии.

Ключевые слова: система, резервы, затраты, материальные ресурсы, материалосбережение, эффективность.

E.I. Mikhailovsky

*EE «Belarusian State Agrarian Technical University»,
Minsk, Republic of Belarus
e-mail: N22-22@yandex.ru*

CREATING A SYSTEM OF RESERVES TO REDUCE THE COST OF MATERIAL RESOURCES

The article presents the results of a study on the formation of a reserve system to reduce the cost of material resources in order to increase the efficiency of production functioning at the enterprise.

Keywords: system, reserves, costs, material resources, material saving, efficiency.

Введение

Резервы снижения затрат и повышения эффективности использования материальных ресурсов формируют систему, элементы которой находятся в определенных качественных и количественных соотношениях.

Результаты исследований

Систему резервов условно можно подразделить на две основные подсистемы:

- резервы, реализуемые участниками производства (производителями продукции) и образующие производственную подсистему резервов (резервы научно-исследовательской подготовки производства, конструктивные резервы, технологические резервы);
- подсистему резервов, реализация которых возможна на межхозяйственной основе в рамках определенной территории (резервы организации движения потоков материалов, резервы подготовки материалов к использованию в производстве, резервы утилизации и регенерации отходов производства).

В настоящее время в научной литературе исследование вопросов формирования резервов не носит системного характера, объединяющего в единое целое возможности сбережения материальных ресурсов и эффективности их использования. Приводятся исследования материалосберегающих процессов в рамках каких-либо подсистем: предприятия, территории, отрасли, вида производственной деятельности.

Проблема материалосбережения требует системного подхода к имеющимся здесь резервам. Системность заключается в том, что рациональность затрат материальных ресурсов при производстве продукции должна оцениваться сопоставлением их с конечным результатом. Такое сопоставление должно быть обязательным для каждого этапа производства и обусловленного им движения материальных ресурсов.

Система резервов интенсификации материалосбережения и эффективности должна носить

именно производственно-территориальный характер. Производственная подсистема включает резервы, которые должны выявляться и могут быть реализованы на этапах научно-исследовательской и конструкторской работы, разработки технологии при подготовки производства, рационального потребления материальных ресурсов, использования производственного результата.

Территориальная подсистема объединяет резервы сбережения и эффективности использования материальных ресурсов в процессах их транспортировки, хранения в виде запасов, подготовки к производственному потреблению, утилизации и регенерации отходов.

Оценка целесообразности намечаемого производственного результата с точки зрения роста экономики и объективных жизненных потребностей общества является важнейшим резервом, использование которого позволяет получить данные, которые позволят судить о предполагаемом рациональном использовании материальных ресурсов. Первостепенной задачей не только в плане рационального использования материальных ресурсов, но и повышения эффективности общественного производства в целом является определение объективных потребностей общества.

Факты реанимации экономически неэффективных и экологически опасных производств можно объяснить отсутствием научного понимания сути общественных потребностей.

Все это не только увеличивает уровень материальных затрат в общественном производстве, повышает материалоемкость национального продукта, но и уменьшает его величину, тем самым сдерживая темпы роста экономики и материального благополучия населения страны.

Научное обоснование необходимости расхода того или иного материального ресурса для удовлетворения объективной потребности общества является фактором интенсивного материалосбережения и эффективного материалоиспользования. Однако его одного недостаточно для того, чтобы на практике расход материального ресурса был рациональным и эффективным.

Важно знать, какой материальный ресурс по номенклатуре и какое его количество способны с наибольшим эффектом обеспечить достижение намеченного результата. Эти задачи должен решать конструктор.

Важность этого производственного этапа заключается в том, что здесь формируются текущая и перспективная потребности экономики в сырье и материалах. Их величина зависит от того, насколько полно использует конструктор полезные свойства материального ресурса, какие задачи он ставит перед его производителями по совершенствованию свойств, разработке новых видов материалов.

Материалосберегающая деятельность конструктора проявляется не только в снижении конструктивной материалоемкости, но и создании предпосылок для рационального использования материальных ресурсов в процессе производства и эксплуатации изделия.

Однако на практике, при выполнении конструкторской работы, резервы используются в недостаточной мере. Во-первых, конструктор в настоящее время не заинтересован в глубокой и всесторонней проработке вопросов экономного и эффективного использования материалов в проектируемой им конструкции, так как его заработная плата зависит в основном от двух факторов: обеспечения функциональных параметров изделия и соблюдения установленных сроков проектирования. Конструктивная материалоемкость принимается во внимание только в степени требования заказчика, например, по массе конструкции. Конструктором не руководит интерес к снижению материалоемкости изделия. Трудоемкость выявления и реализации материалосберегающих резервов, не компенсированная материальным стимулированием, является сдерживающим фактором в деятельности разработчиков изделий по материалосбережению.

Второй причиной, которая снижает эффективность использования материальных ресурсов, являются ограниченные возможности потребителей влиять на производителей материалов в части их химического состава, физико-механических свойств, других параметров, которые регламентированы различными стандартами и нормативными документами. В результате конструктор вынужден использовать только предписанные к применению нормативными документами материалы, что в итоге может увеличить конструктивную и эксплуатационную материалоемкость изделий.

С производственной подсистемой резервов интенсификации материалосбережения сопряжена территориальная подсистема, поскольку объем производственного потребления материальных ресурсов в итоге определяет мощность транспортных потоков ресурсов, их запасов, особенности подготовки к производственному потреблению, утилизации и регенерации отходов, т. е. определяет территориальные резервы сбережения материальных ресурсов. Это обстоятельство объединяет обе подсистемы в единое целое.

Каждая из рассмотренных выше подсистем содержит как составную часть резервы снижения затрат и повышения эффективности использования конструкционных материалов.

В производственной подсистеме о наличии резервов снижения затрат и повышения

эффективности использования конструкционных материалов можно судить исходя из следующего.

Конструкционный материал, используемый при изготовлении какого-либо изделия, должен обладать рядом физико-механических свойств, позволяющих его применять с функциональной точки зрения, например, таких как прочность, твердость, теплопроводность и т. п. Кроме того, материал должен обладать определенными технологическими свойствами, например пластичностью, сопротивлением резанию и т. д.

Каждое из упомянутых выше свойств определенным образом влияет как на результат использования материала в изделии, так и на величину затрат, связанных с достижением этого результата:

$$C = C(U_i), \quad (1)$$

$$P = P(U_i), \quad (2)$$

где C, P – результат и затраты, связанные с использованием материала;

U_i – параметр, характеризующий i -е свойства материала.

В территориальной подсистеме также имеются резервы, которые можно выявить, анализируя аналогичные по виду взаимосвязи между P, C и U_i .

Используя выражение (1) $\mathcal{E} = P_i / C_i$, можно сформулировать условие целесообразности реализации того или иного резерва.

Повышение эффективности использования конструкционного материала за счет того или иного резерва можно оценить величиной ее прироста $\Delta\mathcal{E}$, которая зависит от результата P_i и затрат C_i , обусловленных реализацией i -го резерва:

$$\Delta\mathcal{E} = \mathcal{E}_c - \mathcal{E}_\theta, \quad (3)$$

где $\mathcal{E}_\theta$ – эффективность использования конструкционного материала в базовом варианте;

$\mathcal{E}_c$ – эффективность использования конструкционного материала в сопоставляемом варианте, например, предполагаемом к внедрению.

Из выражения (1) следует, что $\Delta\mathcal{E}$ будет положительным при условии, что рост результата ($K_p = P_c / P_\theta$) будет выше темпа роста затрат ($K_c = C_c / C_\theta$), то есть

$$K_p > K_c. \quad (4)$$

Тогда, можно записать условие, при котором реализация того или иного резерва, например использование нового конструкционного материала взамен применяемого, будет оправданным:

$$P_c > C_c \cdot \mathcal{E}_\theta, \quad (5)$$

Можно утверждать, что достаточно важное значение для повышения эффективности использования конструкционных материалов имеют выявление и реализация резервов снижения их затрат как в процессе производства, так и на стадиях его конструкторской и технологической подготовки. При этом необходимо иметь в виду, что целесообразность, методы и результат реализации резервов снижения затрат во многом определяются длительностью периода, в течение которого эти резервы могут быть реализованы и величиной адекватных этим резервам альтернативных затрат.

Диапазон задач, определяющих границы исследования и адекватных его цели, математически можно выразить так:

$$\sum C_c = \min$$

при условии: $C_{mc} < C_{m\theta}$, $\sum C_c < \sum C_\theta$, $Q_c = Q_\theta$,

где C_c – затраты, обусловленные использованием конструкционного материала в сопоставляемом (инновационном) варианте, то есть в варианте, в котором предполагается реализовать те или иные резервы снижения затрат и повышения эффективности использования конструкционного материала;

C_θ – затраты, обусловленные использованием конструкционного материала в базовом варианте;

C_{mc} – затраты конструкционного материала в сопоставляемом варианте;

$C_{m\theta}$ – затраты конструкционного материала в базовом варианте;

Q_c , Q_b – объемы производства изделий в сопоставляемом и базовом вариантах.

Практика показывает, что наиболее существенными резервами снижения затрат и повышения эффективности использования конструкционных материалов являются конструктивные, технологические и организационно-управленческие резервы.

Можно утверждать, что громадный объем потребления материальных ресурсов в настоящее время, их ограниченность, возникшие экологические проблемы требуют уже новых подходов для решения проблемы снижения затрат материалов и повышения эффективности их использования в производстве.

Поэтому все большее значение должны приобретать исследования и реализация возможностей более эффективного использования, даже небольшого количества, по номенклатуре потребляемых материальных ресурсов.

Появление новых результатов возможно только при условии изменения понимания производительной роли материалов.

Недостатком известных экономических теорий, на основе которых строится большинство решений по организации эффективных процессов, является то, что они упускают из вида главенствующую роль материальных ресурсов в процессах создания необходимых обществу материальных благ, тогда как природные ресурсы и их производное — материальные ресурсы, прежде всего, — сырье и материалы — являются основным фактором функционирования экономики и ее материальной базой.

Многие экономисты не принимают во внимание то обстоятельство, что уже в скором времени многие материальные ресурсы будут отсутствовать в связи с полным исчерпанием их сырьевых запасов в природе.

Теория рационального потребления материальных ресурсов, по нашему мнению, дает наиболее точное научное обоснование роли материальных ресурсов как основного фактора при производстве материальных благ.

Приведенная точка зрения на роль материальных ресурсов в производстве и предопределила цель исследования в виде совокупности задач по разработке методов, способствующих выявлению, оценке и реализации резервов снижения затрат и повышения эффективности использования конструкционных материалов в производстве.

Результат производства надо оценивать не только по количеству и качеству изготовленной продукции, но и количеством и качеством затраченных при этом материалов.

Совершенствование системы управления использованием материальных ресурсов обусловлено в настоящее время не только тем, что растут удельные затраты из-за возросших затрат в разведке содержащих его природных ископаемых, их добычи, транспортировки, переработки. но и тем, что общество, соизмеряя объемы производственного потребления сырья и материалов с объемами получаемых в результате жизненных благ и экстраполируя выявленные соотношения на будущее, начинает все отчетливее осознавать объективную необходимость рационального использования каждой единицы вещества природы.

Заключение

1. Проблема обеспечения производства как материальными ресурсами в целом, так и конструкционными материалами, становится все более актуальной.

2. Потребность в материалах обеспечивается за счет вовлечения в производственный процесс запасов ресурсов, созданных природой. Однако этот ресурсный потенциал стремительно уменьшается.

3. Целесообразность использования в производстве того или иного материального ресурса должна определяться с учетом его общественной потребительной стоимости и общественной стоимости.

4. Для оценки полезности того или иного конструкционного материала можно использовать, например, интегральный показатель, представляющий произведение индексов теоретических значений величин, характеризующих физико-механические и другие естественные и приобретенные свойства того или иного материала. Подобный показатель отражает потенциальную возможность материала как вещественной субстанции той или иной конструкции.

5. Другим важным с точки зрения рационального использования материальных ресурсов моментом является вопрос о соответствии расхода ресурса той общественной потребности, для удовлетворения которой он используется.

Список использованных источников

1. Бабанов, В. Н., Туляков В. М. Логистика: управление производительным использованием материальных ресурсов. – Тула : Левша, 2001. – 110 с.
2. Бабанов, В. Н., Воронкина Д. В. Менеджмент: теория и практика управления. – М. : МАП, 2004. – 213 с.

Л.Г. Сапун¹, В.Н. Дашков¹, А.В. Ващула^{1,2}, И.И. Хилько¹, А.В. Захаров¹¹УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»

г. Минск, Республика Беларусь

e-mail: zaharov_av7@tut.by

²ГУ «Белорусская МТС»

п. Привольный, Минский р-н, Минская обл., Республика Беларусь

belmis@mail.belpak.by

К ВОПРОСУ ЗАЩИТЫ ОТ КОРРОЗИИ ОБОРУДОВАНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ФЕРМ НА ОСНОВЕ СТЕКЛОЭМАЛЕВЫХ ПОКРЫТИЙ

В статье приведён анализ способов защиты от коррозии оборудования животноводческих ферм. Для увеличения долговечности предложен способ нанесения стеклоэмалевых покрытий, определены технологические характеристики однослойного эмалевого покрытия.

Ключевые слова: коррозия, питтинг, кроющая способность, стеклоэмаль, толщина покрытия, прочность сцепления, ударная прочность, долговечность.

L.G. Sapun¹, V.N. Dashkov¹, A.V. Vashchula^{1,2}, I.I. Hilko¹, A.V. Zakharov¹¹Educational Establishment «Belarusian State Agrarian Technical University»

Minsk, Republic of Belarus

e-mail: zaharov_av7@tut.by

²SI «Belarussian MTS»

Privolny, Minsk district, Minsk region, Republic of Belarus

belmis@mail.belpak.by

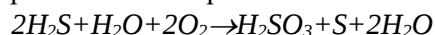
PROTECTION AGAINST CORROSION OF EQUIPMENT OF LIVESTOCK FARMS BASED ON GLASS-ENAMEL COATINGS

The article provides an analysis of methods of protection against corrosion of livestock farm equipment. In order to increase durability method of glass-enamel coating application is proposed, technological characteristics of single-layer enamel coating are determined.

Keywords: corrosion, pitting, coating ability, glass emal, coating thickness, adhesion strength, impact strength, durability.

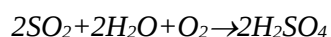
Введение

Опыт эксплуатации животноводческих ферм показывает, что эксплуатационный ресурс оборудования хозяйств в настоящее время значительно меньше амортизационного срока и не превышает 4–5 лет. Согласно отечественным и зарубежным источникам, наибольшему коррозионному разрушению подвергаются системы холодного и горячего водоснабжения, микроклимата, стойловые ограждения, кормушки и поилки для животных. Атмосфера животноводческих ферм характеризуется присутствием в ней сероводорода, сернистого и углекислого газов, а также аммиака. При высокой относительной влажности на поверхности оборудования постоянно образуется слой конденсата, который взаимодействует с газовыми составляющими микроклимата. Вследствие окисления кислородом воздуха из сероводородной воды легко выделяется сера. При этом на поверхности металлической подложки протекает реакция:

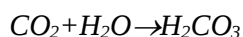


с выделением серы и серной кислоты, которая способствует ускорению развития коррозионных процессов.

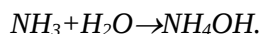
Присутствие в конденсате серной кислоты вызывает интенсификацию процессов коррозии чёрных и цветных металлов.



Подобными свойствами обладает и углекислый газ, присутствующий в атмосфере, который, взаимодействуя с раствором конденсата на металлической поверхности, образует угольную кислоту



Аммиак, обладая высокой растворимостью в воде, образует нашатырный спирт, который повышает щёлочность конденсата и этим самым снижает скорость коррозии металлов



Для антикоррозионной защиты оборудования ферм применяются лакокрасочные покрытия (ЛКП) и в ряде случаев цинкование, но они не обеспечивают требуемой долговечности. После года эксплуатации на металлической поверхности разрушается до 65 % ЛКП. Стойкость оцинкованных деталей выше более чем в 3 раза и составляет в среднем 6–8 лет. Однако после 5 лет эксплуатации площадь коррозионного разрушения поверхности оцинкованных труб ограждений для содержания животных составляет не менее 20 %, а глубина коррозионного питтинга – 0,5–0,6 мм. Кроме того, цинк подвергается значительной коррозии в атмосфере сернистого газа, сероводорода и аммиака, содержащихся в микроклимате животноводческих ферм.

Повысить долговечность деталей оборудования животноводческих ферм можно за счёт применения для них антикоррозионной защиты стеклоэмалирования (далее – «эмалирования»). Этот вид покрытия отличается высокими противокоррозионными и санитарно-гигиеническими свойствами. Технологический процесс эмалирования стального проката состоит из этапов нанесения эмалевой массы шликера, сушки и обжига покрытия. Перед нанесением эмали проводится подготовка поверхности эмали к эмалированию, целью которой является очистка поверхности металла. Кроме того, подготовка поверхности служит для улучшения сцепления эмали с металлом; это осуществляется приданием стальной поверхности шероховатости. Адгезионная связь, возникающая в результате химического взаимодействия расплавленного силиката с металлом, значительно прочнее при эмалировании, чем при нанесении лакокрасочных или полимерных покрытий. Эмалированный стальной лист выдерживает нагрузку на растяжение до 100 МПа. Стеклоэмали по долговечности, твёрдости, устойчивости к физическим, химическим воздействиям превосходят битумные, лакокрасочные, полимерные покрытия; если битумная изоляция обеспечивает защиту труб в почве на протяжении 2–3 лет, то эксплуатация эмалированных труб обеспечивает долговечность в течение нескольких десятилетий [2].

Однако недостатком существующих эмалевых покрытий является низкая ударная прочность, а также высокая энергоёмкость технологического процесса. Эмалированию подвергается стальной прокат с содержанием углерода не более 0,10 %, что соответствует стали Ст.08КП. Основным конструктивным материалом при изготовлении деталей оборудования животноводческих ферм является сталь Ст. 3 с содержанием углерода 0,13...0,18 %.

Цель исследований – повышение долговечности деталей оборудования животноводческих ферм путём совершенствования технологии применения безгрунтовых эмалевых покрытий на стадии изготовления и при эксплуатации оборудования.

Основная часть

В задачу исследований входило определение оптимальной толщины эмалевого покрытия на основе безгрунтового эмалирования. Применялись четыре марки безгрунтовых эмалей, разработанных Институтом общей и неорганической химии НАНБ: 155Т, 47/149, 102/29 и 77Л. В ходе экспериментальных исследований прочности сцепления и ударной прочности покрытия, проводимых на установках, разработанных Новочеркасским политехническим институтом, применялось специальное приспособление согласно ГОСТ 24405-80. Сплошность эмалевых покрытий – по ГОСТ 27788-88. Результаты измерений обрабатывали методом математической статистики.

Установлено, что важнейшим технологическим фактором, влияющим на толщину эмалевого покрытия, является консистенция шликера. Основным оценочным показателем консистенции является кроющая способность, которая должна обеспечить следующие основные свойства покрытия: минимально допустимую толщину покрытия h , высокую равномерность $\Delta h \rightarrow 0$ и максимально допустимую скорость фиксации только что нанесённого слоя u (рис.1).

В связи с этим кроющую способность можно представить в виде функции

$$k = (h, \Delta, h, u), \quad (1)$$

Считаем, что неравномерность шликера стремится к 0, т.е. к максимальной равномерности, и скорость фиксации шликера есть величина постоянная.

В общем виде связь толщины слоя с исходными характеристиками материала можно установить с применением уравнения Дерягина-Леви (2) при нахождении пластинки с нанесённым шликером в вертикальном положении.

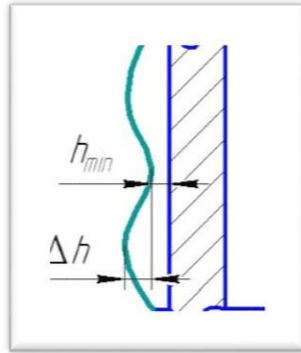


Рис. 1. Схема
эмалевого покрытия

$$h = h_{\eta c} + h_{p0} = \frac{0,94...(V \cdot h_{\eta c})^{\frac{2}{3}}}{(\rho g)^{\frac{1}{2}} \sigma^{\frac{1}{6}}} + \frac{4,58...p_0^2}{(\rho g)^{\frac{3}{2}} \sigma^{\frac{1}{2}}}, \quad (2)$$

где

$h_{\eta c}$ – толщина слоя, обусловленная только вязкостью жидкости;

h_{p0} – толщина слоя, обусловленная только предельным напряжением сдвига;

V – скорость движения подложки;

σ – коэффициент поверхностного натяжения подложки.

Рассмотрим профиль слоя жидкости, оставшегося на стенке, наклонённой к горизонту под углом α через время t после начала опускания уровня жидкости (рис.2).

Поместим начало координат у верхней границы слоя жидкости, направив ось O_x вдоль пластинки вниз, а ось O_y перпендикулярно в сторону слоя. Допустим, что условие

$$\frac{dh}{dx} \ll 1, \quad (3)$$

Пренебрегая инерционными членами, при этом условии для любого участка слоя жидкости:

$$\frac{dh}{dx} - \rho g \sin \alpha = \eta \frac{d^2 v}{dy^2}, \quad (4)$$

где

p – давление,

ρ – плотность,

η – вязкость,

v – скорость частиц жидкости,

g – ускорение силы тяжести.

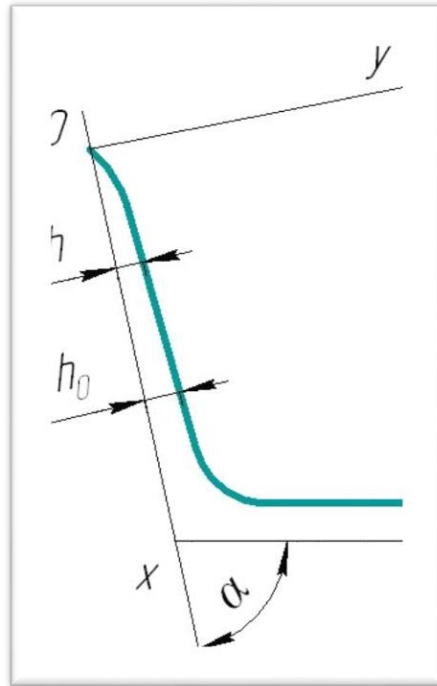


Рис. 2. Схема формирования слоя на движущейся наклонной подложке

Граничные условия будут:

$$v \text{ при } y=0 \quad (5)$$

$$\frac{dv}{dy} = 0 \quad \text{при } y=h \quad (6)$$

$$\frac{dp}{dx} = 0 \quad \text{при } y=h \quad (7)$$

Предполагая, что движение частиц жидкости не имеет компоненты нормальной к стенке, из условия (7) на свободной поверхности слоя жидкости получим, что и при любом y :

$$\frac{dp}{dx} = 0, \quad (8)$$

Из (4) и (8) следует уравнение

$$\frac{d^2 v}{dy^2} = -\frac{\rho g \sin \alpha}{\eta}, \quad (9)$$

Секундный объём жидкости, протекающий через поперечное сечение слоя толщиной h единичной ширины равен

$$D = \frac{\rho g \sin \alpha}{3\eta^3} h^3, \quad (10)$$

Уравнение непрерывности можно, в нашем случае, учитывая (10), придать вид

$$\frac{dh}{dt} = -\frac{\rho g \sin \alpha}{\eta} h^2 \frac{dh}{dx} = ch^2 \frac{dh}{dx}, \quad (11)$$

$$c = \frac{\rho g \sin \alpha}{\eta}$$

где

При интегрировании уравнения в частных производных (11) накладываются условия:

$$\text{при } x=0 \text{ и } t>0, h=0 \quad (12)$$

при $t=0$ и $x>0$, $h=\infty$ (13)

Уравнение, дающее в неявной форме решение, есть

$$x=f(h)+ch^2t \quad (14)$$

где

$f(h)$ – произвольная функция, или, учитывая (12) и (13), для $t>0$ имеем

$$x=ch^2t \quad (15)$$

Отсюда толщина слоя h_0 у «ватерлинии» равна:

$$h_0 = \sqrt{\frac{V}{c}} = \sqrt{\frac{\eta V}{\rho g \sin \alpha}} \quad (16)$$

Основываясь на этом, покажем, что средняя толщина плёнки, т.е. её объём, выделенный на прикрываемую ею площадь, равна

$$h = \frac{2}{3} h_0 = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{\eta V}{\rho g \sin \alpha}} \quad (17)$$

Кроющая способность шликера равна:

$$K = \rho \cdot h \quad (18)$$

где

ρ – плотность шликера, кг/м^3 .

Совмещая (17) и (18) находим кроющую способность шликера по исходным характеристикам материала:

$$K = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{\rho \eta V}{g \sin \alpha}}, \text{ кг/м}^2 \quad (19)$$

где

η – вязкость, $\text{н/м} \cdot \text{с}^2$;

g – ускорение силы тяжести, м/с^2 .

Для формирования оптимальной толщины покрытия проведено исследование зависимости толщины покрытия и неравномерности толщины слоя от кроющей способности шликера (рис.3).

Из рис. 3 видно, что оптимальная толщина покрытия формируется при кроющей способности шликера, равной $0,45 \dots 0,56 \text{ кг/м}^2$, а график 2 показывает, что изменение неравномерности толщины слоя выражается кривой с оптимумом, находящейся в интервале $0,43 \pm 0,05 \text{ кг/м}^2$. Криволинейный характер зависимости (1) определяется физико-химическими процессами формирования эмалевого слоя. На участке оптимальной толщины она незначительно отличается от линейной зависимости (18).

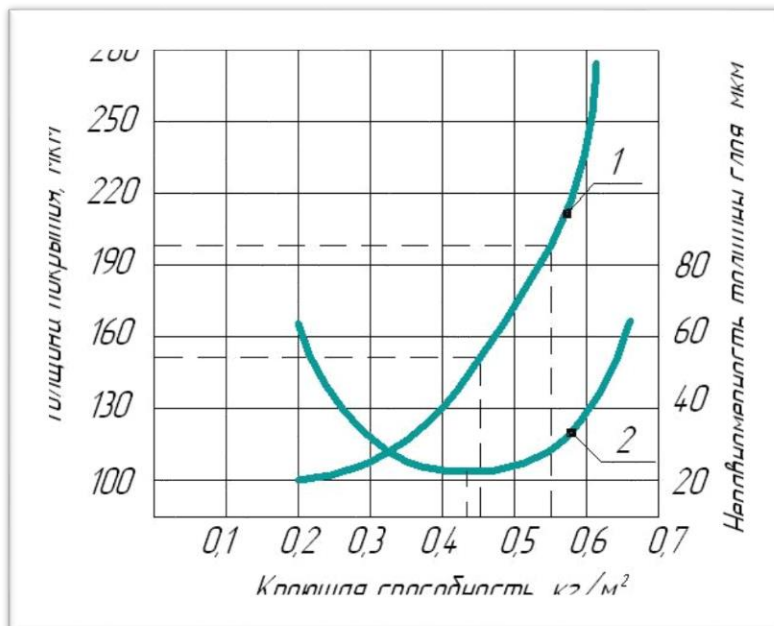


Рис. 3. Зависимость толщины покрытия (1) и неравномерности

толщины слоя (2) от кроющей способности шликера

Для выявления степени влияния значимости основных факторов на прочность сцепления эмалевого покрытия с подложкой использован метод теории планирования эксперимента. Исследуемыми факторами, влияющими на долговечность, являлись толщина покрытия и температура обжига эмалей. Уравнение регрессии, описывающее влияние исследуемых факторов:

$$y = 95,25 - 2,84x_1 + 1,83x_2 + 1,25x_1x_2 + 0,75x_1^2 - 0,25x_2^2 \quad (20)$$

где y – прочность сцепления, %; x_1 – толщина покрытия, мкм; x_2 – температура обжига, °С.

Из уравнения видно, что наибольшее влияние на прочность сцепления оказывает толщина покрытия. Притом, с уменьшением толщины прочность сцепления возрастает.

По результатам исследований составлена характеристика исследуемых марок безгрунтовых эмалей (табл.1).

Т а б л и ц а . 1. – Характеристика безгрунтовых эмалей 155Т, 47/149, 102/29 и 77Л

Показатели	Ед-ца измерения	Марка эмали			
		155Т	47/149	102/29	77Л
Температура обжига	°С	870-880	870-880	870-890	870-890
Толщина покрытия	мкм	150-200	150-210	150-210	150-215
Прочность сцепления	%	95-98	92-96	92-95	90-94
Прочность на удар (удельная энергия)	10 ⁻⁴ Дж/м ²	4,90	4,90	4,90	3,68
Коррозионная устойчивость:	мг/см ²	0,088	0,120	0,140	0,194
изменение массы					
Долговечность покрытия	лет	более 10,0	10,0	9,0	7,5

Анализ показывает, что из четырёх марок эмалей наиболее долговечным является покрытие на основе эмали 155Т и 47/149. Эмаль 155Т наносили на сборные элементы систем водоснабжения и стойлового оборудования ОСК-25А, автопоилок ПА-1Б, изготовленных из стали Ст.3. следует отметить стойкость эмали к царапинам и истиранию, устойчивость к низким температурам. Для эмалевого покрытия характерно, что защитный слой не набухает под воздействием коррозионно-агрессивных сред, а возможные очаги коррозии локализуются в местах нарушения слоя эмали. Повреждения постепенно закупориваются продуктами коррозии, доступ окислителя затрудняется, и процесс коррозии затормаживается. Испытания показали, что безгрунтовые эмали можно наносить на изделия животноводческих ферм, изготовленных из стали Ст.3. повышенное содержание углерода в стали Ст.3 не является препятствием для получения качественного покрытия.

Заключение

1. Установлено, что основным технологическим фактором, влияющим на толщину эмалевого покрытия, является консистенция шликера, главным оценочным показателем которой является кроющая способность.

2. На основании результатов сравнительных испытаний эмалей по основным показателям: потеря массы, прочность сцепления, ударная прочность, долговечность рекомендуется для защиты оборудования животноводческих ферм применять защитные покрытия на основе эмали 155Т и 47/149.

3. Определены оптимальные технологические характеристики нанесения однослойного эмалевого покрытия. Для рекомендуемых марок эмалей толщина покрытия должна составлять 150...200 мкм; температура обжига 870...880°С. Детали из стали Ст.3 предварительно подвергаются термическому отжигу.

Список использованной литературы

1. Сапун, Л.Г. Повышение долговечности деталей оборудования животноводческих ферм на основе применения стеклоэмалевых покрытий : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03 / Л.Г. Сапун. – ЦНИИМЭСХ, 1994. – 18 с.

2. Ляшенко, Б.А., Методы повышения прочности композиции сталь – коррозионностойкое эмалевое покрытие. / Б.А. Ляшенко, В.М. Мизонов, М.М. Кишнер. – Киев. : АНУССР, 1983. – 59 с.

А.В. Дунаев¹, В.Е. Тарасенко², А.А. Жешко³¹ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Российская федерация²УО БГАТУ г. Минск, Республика Беларусь³РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

e-mail: azeshko@gmail.com

СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МАСЕЛ, КАК ОСНОВА УГЛУБЛЕННОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ АГРЕГАТОВ МАШИН

Спектральный анализ масел, выявляющий (в отличие от других методов диагностирования) динамику и причины интенсивного изнашивания узлов трения – это метод эффективного углубленного контроля агрегатов машин и единственный метод максимально раннего предупреждения о возможных неисправностях. Совокупность его с химмотологией – самый эффективный прием выявления причин повышенного изнашивания типовых узлов трения машин и оборудования [1-6].

Известно несколько методов спектрального анализа состава веществ, а также большое разнообразие приборов и установок для этого [1-5]. Но для контроля содержания продуктов изнашивания в маслах наиболее оптимальны зарубежные и отечественные установки эмиссионного (излучающего) анализа, в т.ч. специализированные квантометры от «СКБ СПЕКТР» [6].

В эмиссионном спектральном анализе определяется интенсивность испускания света возбужденными атомами вещества. Возбуждение обеспечивают сжиганием вещества в электрической дуге или испарением лучем лазера. Остывая, атомы веществ излучают кванты света индивидуального комплекса волн, из которых для контроля используют только по одной, наиболее информативной, длине волны в диапазоне 0,4–0,7 мкм.

Родоначальником такого анализа является Англия (1927 г), где в 60-х гг. было налажено производство спектрометров Hilger, а в конце 60-х гг. Этот анализ получил широкое применение в СССР [1-3].

Применению такого анализа масел для диагностирования автотракторных и транспортных дизелей с 60-х годов положили исследования ЦНИИ МПС [1] (ГОСТ 20759), ЦНИДИ, ГОСНИТИ [2], НАМИ [3], ВНИИ НП и МАДИ. В 80-х гг. этот анализ стал применяться в крупных АТП [6].

Ключевые слова: спектральный анализ масел, диагностирование машин.

A.V. Dunaev¹, V.E. Tarasenko², A.A. Zheshko³¹FGBNU FNATS VIM, Russian Federation²UO BSATU Minsk, Republic of Belarus³RUE "Scientific and Production Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Agricultural Mechanization"

Minsk, Republic of Belarus

e-mail: azeshko@gmail.com

Spectral analysis of oils, which, unlike other diagnostic methods, reveals the dynamics and causes of intensive wear of friction units, is a method of effective in-depth control of machine units and the only method for even early warning of possible malfunctions. And its combination with chemotology is the most effective method for identifying the causes of increased wear of typical friction units of machines and equipment [1-6].

There are several methods of spectral analysis of the composition of substances and a wide variety of devices and installations for this [1-5]. But to control the content of wear products in oils, foreign and domestic installations for emission (radiating) analysis are most optimal, incl. specialized quantum meters from SKB SPEKTR [6].

In emission spectral analysis, the intensity of the emission of light by excited atoms of a substance is determined. And the excitation is provided by burning the substance in an electric arc or by evaporation by a laser beam. Cooling down, the atoms of substances emit light quanta of an individual complex of waves, of which only one, the most informative, wavelength in the range of 0.4-0.7 microns is used for control. The ancestor of this analysis is England (1927), where in the 60s. the production of spectrometers "Hilger" was established, and at the end of the 60s. this analysis is widely used in the USSR [1-3].

The use of such an analysis of oils for diagnosing automotive and transport diesel engines since the 60s has been put forward by the studies of the Central Research Institute of the Ministry of Railways [1] (GOST 20759), TsNIDI, GOSNITI [2], NAMI [3], VNII NP and MADI. In the 80s this analysis began to be applied in large ATP [6].

Keywords: spectral analysis of oils, machine diagnostics

Основная часть

В наше время проведены работы по спектральному анализу масел дизелей Д-243 на установке МФС-7М (многоканальной фотометрической системе МФС-7М) [7]. Установки МФС специализированы на анализе масел вязкости 6–30 сСт. При меньшей вязкости механические примеси из них осаждаются, а при большей – неравномерно поступают в прожиг. Химмотология может показать браковочное состояние масла, нецелесообразность его анализа, а при чрезмерной обводненности анализ не возможен вообще, т.к. масло в искре прожигает как бы взрывается.

На рис. 1 и рис. 2 приведены составные части спектрофотометра или квантометра МФС-7М и принципиальная схема работы.



Рис. 1. Установка МФС-7М: слева у оператора источник дуги ИВС-29, правее камера для прожигки масел, в центре – квантометр со вспомогательными приборами, справа - контроллер КМТ-1 и компьютер с программным обеспечением



Рис. 2. Принципиальная схема работы спектрофотометра МФС-7М

Спектральный анализ моторных, трансмиссионных масел без учета пробо- подготовки занимает 3–5 мин. Все работы химмотологического [8–15] и спектрального [1–6] контроля масел и диагностирования по их результатам дизелей включают: отбор 200–300 мл пробы масла с поддона двигателя после слива (50–100 мл) из него донной части. Далее одновременно определяется температура вспышки и обводненность масла, отдельно – щелочное число, диспергирующие-стабилизирующие свойства (ДСС) или моющие свойства, «капельная проба», загрязненность и вязкость.

Спектральный анализ масел на установках МФС с 70-х гг. неоднократно модифицировался [6]. Ныне он проводится подачей масла, налипаемого на кварцевый диск, на контактирующий с ним угольный электрод, на котором масло сгорает. Такая подача не позволяет контролировать все частицы примесей в маслах. Так в маслах с вязкостью 14 сСт по размеру абразивных частиц следует учитывать [6]:

частицы до 5 мкм, попадающие в дугу, для износа ДВС не значимы;

то же, 5–15 мкм – малозначимы для ДВС;

то же, 15–30 мкм, участвуют в изнашивании ДВС и попадают в дугу;

то же, 30–50 мкм и более, составляющие значительную долю самых опасных загрязнений, в дугу могут не попадать, а если попадают, то на фоне обычных показаний принимаются за случайные и как ошибки из анализа исключаются. Металлические частицы нормального, не аварийного изнашивания также имеют мелкие размеры. А при аварийном изнашивании крупные частицы также могут не попадать в анализ.

Факторы изнашивания сопряжений деталей в моторных маслах

Комплексный (спектральный и химмотологический) анализ масел, адаптированный для инженерных служб АПК, позволяет выявлять факторы постепенно и предотвращать внезапную, из-за непредвиденных явлений, потерю рабочих свойств масел. Это следующие факторы [16–18]:

1. Постепенное снижение щелочного числа (ЩЧ) и вязкости масла.

2. Постоянное, хотя и неравномерное загрязнение масла из окружающей среды, а разжижение и обводнение из ДВС – случайно.

3. Накопление частиц металлов в маслах согласно динамике изнашивания узлов трения, а также по содержанию в маслах кремния, а отчасти и воды (рис. 3).

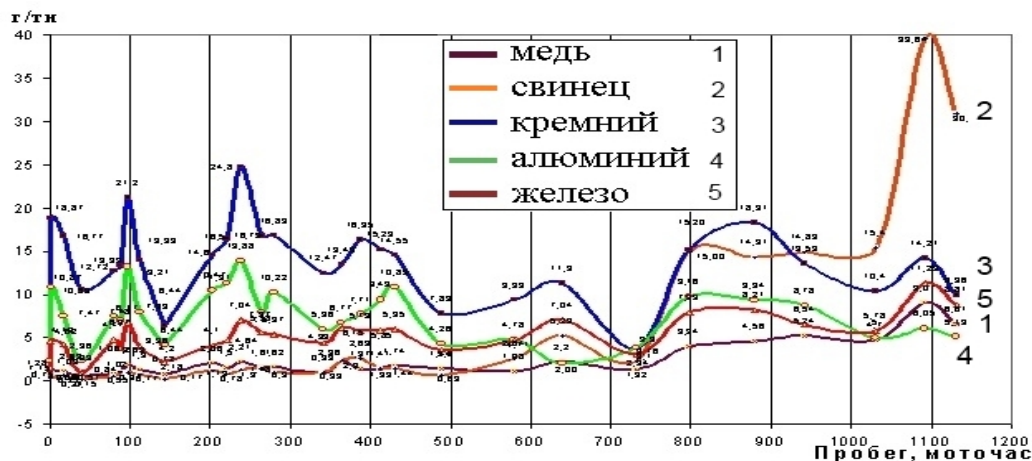


Рис. 3. Зависимости концентрации металлов от содержания кремния в масле CF-4 15W-40 по наработке дизеля: синяя линия – кремний; светло-оранжевая – свинец до 40 г/т из-за коррозионности масла и причины смены масла

4. В свежих и в работавших маслах возможны: значительная вариация рабочих свойств, а также коррозионность, повышающие износ ДВС до аварийного.

Комплексный контроль масел учитывает следующее:

1. Концентрации металлов резко увеличиваются с поступлением в масла грязи, пыли и воды (рис. 3); с очисткой системы смазки концентрации металлов значительно уменьшаются. В износе ЦПГ и КШМ доля абразивного изнашивания составляет более 60 % [7, 8, 11, 12, 15–19].

2. При исправной системе очистки масла концентрации примесей в масле занижаются, а по мере неисправности – повышаются.

3. Масла с высокими моющими свойствами как-бы завышают концентрацию примесей в маслах.

4. Нарушение нормальных условий работы ДВС, «рванные» нагрузочно-скоростные режимы искажают данные противоизносного состояния ДВС.

5. Вариация вязкости масел, разжижение топливом также ухудшают противоизносные свойства ДВС: в вязких маслах частиц износа меньше.

6. Долго работавшие масла повышают коррозионность к подшипникам ДВС, что не связано со снижением их износостойкости.

7. Снижение ЩЧ повышает общее изнашивание ДВС.

8. При аварийном изнашивании могут быть крупные частицы износа, не выявляемые спектроскопией: на установках МФС надежно выявляются частицы размером лишь до 30 мкм, поэтому нужен комплекс методов контроля.

9. При нормальном трении изнашиваются поверхностные пленки деталей, образованные, например, присадками. А появление в продуктах износа частиц металлов означает, что эти защитные пленки разрушены и происходит непосредственный контакт металлов трибопар. При этом могут образовываться крупные частицы износа, но спектроскопией они не выявляются.

Таким образом, спектрометрия может не показать повышенную концентрацию металлов в маслах при нестандартных трибологических условиях. Например, при аварийном изнашивании шатунных подшипников феррография регистрирует рост числа крупных частиц, а спектроскопия – не выявляет. Поэтому нужен анализ динамики накопления металлов в маслах несколькими методами с контролем их химмотологических показателей. Важно контролировать и форму, и размеры частиц износа, обусловленные разными процессами изнашивания.

Отсюда в комплексной технологии, при оценке результатов спектрального анализа масел, требуется учитывать концентрацию в них частиц кремния, воды, топлива, а также ДСС, ЩЧ и вязкость масла. Вывод об интенсивности износа ДВС следует делать только с повторным анализом после очистки ДВС или смены масла.

Нормы содержания металлов в моторных маслах машин

Факторами нормирования концентраций металлов в маслах не аварийных дизелях являются такие показатели:

- эффективность работы системы очистки масла;
- наличие системы предпусковой прокачки подогреваемого масла;
- конструктивные параметры, определяющие износостойкость дизелей, мало меняющиеся в этом плане для модификаций основной марки ДВС.

Параметрами масел, определяющими содержание в них металлов, являются [1–8, 11, 12, 15–19]:

- снижение ДСС до минимума;
- содержание частиц кремния, имеющегося в свежих маслах до 5 *ppm*, а в работавших до 45 *ppm*: коэффициент корреляции содержания меди, свинца и олова от содержания кремния достигал 0,90. Содержания хрома, алюминия и железа – до 0,80, никеля и молибдена – до 0,75 [6];
- содержание воды, находящееся в свежих маслах до 0,08 %, а в работавших до 1,5 %, где в отдельных случаях выделяется «подтоварная вода»;
- щелочное число с градациями: 5–6, более 8 и со снижении до 3 мгКОН/г [16];
- снижение температуры вспышки ниже 150 °С [6];
- вязкость масла при 100 °С с градациями 6–8, 10–12, 13–15,5, 18–22 сСт и ее снижение к 4–6 сСт.

В условиях же СХП, в зимний период с малой запыленностью и малой загрязненностью дизеля, первично влияние снижения ЩЧ масла.

Изложенное показывает, что спектральный анализ нужно сочетать с химмотологическим контролем, хотя роль спектрального анализа – главная.

Нормы концентрации металлов: номинальные для новых и отремонтированных (обкатанных) дизелей, допускаемые при их ТО, предельные для безусловной смены масла и ревизии дизелей, устанавливают по таким химэлементам (табл. 1):

- Fe, Al, Cr – как показатели изнашивания ЦПГ ДВС отдельно по гильзе (Fe), поршням (Al) и компрессионным кольцам (Cr), хотя его поступление с износом хромового

покрытия колец прекращается. Анализ на причины повышенного изнашивания ЦПГ проводят с учетом концентрации в масле Si ;

- Cu , Pb , Sn – то же для подшипников КШМ. Здесь дополнительно принимают во внимание «капельную пробу», загрязненность абразивами, обводненность и коррозионность масла, период работы дизеля (обкатка после изготовления, ремонта, когда концентрации Sn и Pb естественно повышены или была продолжительная эксплуатация). Повышенная концентрация Pb и Sn свидетельствует о повышенном изнашивании подшипников КШМ, а повышенная концентрация Cu свидетельствует об изнашивании уже основного тела подшипников, что является серьезной неисправностью;
- Ni , Mo – вспомогательные показатели интенсивности изнашивания зубчатых колес и подшипников качения в ДВС. В маслах с молибденовыми присадками диагностирование по Mo не возможно;
- Si – один из самых тревожных параметров масла, т.к. загрязненность масла на 80 % обуславливает уменьшение ресурса ДВС [7, 11]. Предельным содержанием Si предложено 20–25 ppm [6]. Предотвращение и уменьшение загрязненности масел – значительное средство повышения ресурса машин и оборудования.

Все же спектральный и химмотологический (в т.ч. по «капельной пробе») анализы масел, с учетом процесса проведения изложенных недостатков, очень эффективны. Их технологии, нормативы масел автотракторной техники (табл. 1), приемы выявления причин повышенного изнашивания и аварий дизелей с рекомендациями по их предотвращению отработаны [6, 7]. На их основе с соответствующими ТО и ТР доремонтный ресурс дизелей может быть увеличен не менее чем в 1,5 раза с полным исключением их аварий. Поэтому анализ масел должен быть повсеместным.

Т а б л и ц а 1. – Примерные нормативы химмотологических и спектральных параметров масел для автотракторной техники [6]

Параметры масел	Нормативные значения параметров масел:											
	Моторных				Трансмиссионных				Гидравлических			
	Ном	Доп	Пред	ПЛ	Ном	Доп	Пред	ПЛ	Ном	Доп	Пред	ПЛ
Температура вспышки, °С	>205	>185	>170	170	По пасп.	90 %	80 %	-	По пас-порту	90 %	85 %	-
Содержание воды, %	Сле-ды	<0,15	< 0,3	0,5	сле-ды	<0,3	<0,5	-	сле-ды	<0,15	<0,3	-
Моюще-диспергирующие свойства, баллы	0	<3	<6	-	1-2	3-4	<6	-	-	-	-	-
Вязкость при 100 °С, в % к номиналу	По пас-порту	80-120	75-135	75-135	По пас-порту	90-130	80-150	-	По пас-порту	90-110	90-125	-
Вязкость при 50 °С, в %	-	-	-	-	“-	90-130	90-150	-	“-	90-110	90-125	-
Вязкость при 40 °С, в % к номиналу	-	-	-	-	-	-	-	-	“-	90-110	90-125	-
Щелочное число, мгКОН/г	>8	>5	>4	2	1 - 3	1 - 2	<0,5	-	-	-	-	-
Оптическая плотность, %	<0,15	< 1,5	< 2,5	-	0,15-0,40	< 2,5	< 3,5	-	<0,12	<0,18	<0,25	-
Содержание металлов, ppm: Fe (200)*	3-5	50	65	100	3-5	150	200	500	1-2	10-15	15-20	75
Cr (30) *	0,3	3,5	5,5	25	0,5	5-10	25	10	0,5	1	5	10
Al (200)*	2	15	25	30	3	5	15	100	2	5	15	50
Si (200)*	3-5	20	25	20	3	35	50	40	1-2	5	10	-
Pb (200)*	0,5	5	15	40	-	-	-	300	0,5	1	2	20
Cu (200)*	-	10-15	20-25	50	-	30	50	300	-	3-5	15	50
Sn (30)*	-	1,5	2,0	25	-	1	2	20	-	1	2	10
Ni (30)*	-	1,5	1,8	10	-	15	25	20	-	1,2	2	5
Mo (30)**	-	1,5*	2,0*	-	-	5	15	-	-	1	1,5	-

Примечания: ПЛ - браковочные нормы, соответствующие аварийному состоянию автомобилей по данным фирмы Лубризол; *- пределы измерения установкой МФС-7М; ** - значения для масел без присадок с молибденом; регулярный (через 25-50 ч) анализ позволяет упреждать наступление повышенного изнашивания ДВС, устанавливать предельные концентрации несколько большими и тем самым полнее использовать эксплуатационный ресурс машин и оборудования.

Дополнительные методы анализа масел

Спектральный и химмотологический анализы дополняют инфракрасным молекулярным для углеводородов масел и феррографией частиц износа.

Феррография – магнитное осаждение частиц износа из проб масел. Ею определяют вид, форму, размер, материал частиц износа, наличие примесей и продуктов деструкции масла, а по ним определяют интенсивность и режимы трения, место отказа, степень его опасности.

Например, для задира характерны удлинённые частицы; усталостным разрушениям при трении качении – сферические частицы; при другом усталостном выкрашивании образуются хлопьевидные частицы и на их поверхности появляется множество микроязвин. Коррозионному износу характерно множество частиц размером до 2 мкм, а при микрорезании видна стружка.

Комплексный анализ масел позволяет точнее определять время их смены, предотвращая раннее или позднее проведение ТО, сохранить и значительно повысить заданный эксплуатационный ресурс, особенно изношенных машин и оборудования.

Альтернативой спектральным установкам может служить портативный «Ферро-индикатор ФЧМ-П» (рис. 4) для оперативного определения общей концентрации ферромагнитных частиц износа в маслах. Особенно он пригоден для диагностирования зубчатых передач, ЦПГ ДВС. Однако нормативы и технология его применения требуют апробации. Пока не совсем ясна его актуальность для контроля гидросистем с гидравлическими жидкостями с малой вязкостью.



Рис. 4. Прибор ФЧМ-П контроля содержания ферромагнитных частиц в маслах

Управление техническим состоянием автотракторных ДВС по результатам их диагностирования на основе анализов масел

Управление надежностью машин в АПК проводится на основании планомерного ТО и ремонта машин по результатам диагностирования [20, 21]. А основными факторами изнашивания ДВС, которые необходимо учитывать для эффективного управления их ресурсом и надежностью, являются:

- по ЦПГ – динамика поступления абразивных примесей во впускной воздушный тракт и их размол при работе ДВС;
- по КШМ – динамика загрязнения масла через сапун, заливную горловину, отверстие под масломерный щуп, через открытые при ТО и ремонте поверхности ГРМ и ЦПГ, а также динамика коррозионности масла к цветным металлам, зависящая от состава масла и особенностей его старения в ДВС;
- по КШМ динамика обводнения масел и потери ими рабочих свойств (снижение щелочного числа, уменьшение концентрации активных добавок, снижение антиизносных свойств, а также вязкости при разжижении топливом).

А для моторных масел обоснованы следующие браковочные показатели [6, 7]:

- содержание кремния более 25 ppm;
- содержание свинца более 10 ppm при содержании кремния не более 10 ppm;
- снижение ЩЧ до 2,5–3 мгКОН/г, увеличение показателя ДСС до предела;

- содержание воды более 0,3 % или два потрескивания на 1 мл масла при контроле температуры вспышки;
 - температура вспышки ниже 175 °С;
 - изменение вязкости более чем на 40 % от паспортного номинала.
- Обоснованы такие показатели необходимости ремонта автотракторных дизелей в АПК:
- интенсивность изнашивания ЦПГ при концентрации металлов: $Fe > 65$, $Cr > 5,5$, $Al > 25 \text{ ppm}$, но при содержании кремния в масле менее 10 ppm;
 - интенсивность изнашивания КШМ при концентрации металлов: $Cu > 25$, $Pb > 15$, $Sn > 2 \text{ ppm}$, но при содержании кремния в масле менее 10 ppm;
 - интенсивность изнашивания зубчатых передач и подшипников в ДВС при концентрации металлов: $Ni > 1,8 \%$, $Mo > 2,0 \%$;
 - угар масла более 4,0 % для ранних и более 3,5 % для современных ДВС;
 - четко определяемый, яркий синий цвет ОГ.

В соответствии с приведенными нормативами (табл. 1) по результатам анализа масел необходимо определить наличие его браковочных показателей, т.е. тех параметров, значения которых достигли или превысили предельные значения. Далее необходимо выявить имеется ли зависимость повышенного содержания металлов от наличия в масле повышенного содержания кремния, воды, пониженных ЩЧ, вязкости и температуры вспышки.

В случае превышения норм воды, кремния, а также понижения температуры вспышки, ЩЧ, ДСС – следует рекомендовать срочную смену масла. Указывается причина брака масла, рекомендуется выявлять и устранять соответствующие неисправности ДВС.

Если моторное масло бракуется по повышенному содержанию воды, пониженному ЩЧ и ДСС, то оно для дизелей бракуется безвозвратно, т.к. владельцам машин восстановить свойства моторного масла невозможно. Но после недельного отстаивания нагретого масла, удаления из него воды и шлама – возможно повторное использование в других агрегатах, менее требовательных к маслам.

Если в масле нет заметного количества воды и топлива, ЩЧ более 4 мгКОН/г, а продукт бракуется только по содержанию кремния, то рекомендуется аналогичный отстой для повторного анализа, а при последующем благоприятном анализе – повторное использование.

Если отбраковка происходит по повышенному содержанию свинца или меди с оловом, при нормальном содержании кремния и нормальных других показателей, то рекомендуется смена марки, а бракуемое масло можно использовать в агрегатах без цветных металлов.

Если в масле значительное содержание меди при незначительном содержании свинца, олова и вводов, то сообщается о неисправностях системы охлаждения.

Все же иногда не следует делать заключение об аварийном состоянии ДВС по однократно выявленному повышению концентраций металлов. Иногда это может быть временным и если сопряжения трения значительно не повредились, то при дальнейшей работе они могут приработаться, и износ не будет прогрессировать. В некоторых случаях бывает достаточным сменить масло и показания нормализуются. Повышенное содержание кремния может быть следствием ошибок при заборе пробы и проведении анализов.

Заключение

Начало аварийного изнашивания ДВС по результатам анализа масел выявить несложно, т.к. при этом резко ухудшаются все показатели масел, и повышается концентрация многих металлов. Труднее выявить состояние ДВС при нормальных анализах масел. Здесь решение о ремонте ДВС принимается по комплексу доступных ПРМ, а также по технико-экономическим критериям: по достижению минимума суммарных издержек на использование ДВС или при достижении за эксплуатацию ДВС затрат на запчасти к стоимости самого ДВС.

При уверенном освоении спектрального и других анализов масел, когда концентрации металлов, постепенно увеличиваясь от анализа к анализу, приближаются к предельным значениям с одновременным ростом угара масла, расхода картерных газов, дымности ОГ, расхода топлива, падению давления наддува и уменьшению мощности дизеля, то службе ТО и ТР сообщается о наступающем израсходовании моторесурса дизеля без расчета технико-экономических показателей.

Технико-экономическая эффективность спектрального анализа безусловна. При предотвращении ускоренного изнашивания, аварий, преждевременной смены масла с существенной годовой экономией на энергонасыщенный трактор или комбайн, когда показатель годового обслуживания достигает 250 машин, – срок окупаемости лаборатории спектрального и

химмотологического анализа масел один год. При обслуживании импортных машин эффективность работы лаборатории увеличивается пропорционально росту их стоимости, а срок окупаемости в этой пропорции снижается.

Список использованных источников

1. Чанкин, В.В. Методы оценки состояния тепловозных двигателей экспрессным спектральным анализом масла : автореф. дис. на соискание ученой степени докт. техн. наук: 05.08.05. – М. : 1972. – 299 с.
2. Петросян, П.Ш. Исследование износа и возможности оценки технического состояния двигателей тракторов с применением метода спектрального анализа : автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. Наук : 05.20.03. – Саратов, 1973. – 18 с.
3. РД 37.001.019-84 Методика диагностирования технического состояния ав-томобильных двигателей по показателям масла. – М. : НАМИ, 1984. – 23 с.
4. ГОСТ 20759-90 Дизели тепловозов. Техническое диагностирование и прогнозирование остаточного ресурса методом спектрального анализа масла. – М. : Изд-во стандартов, 1991. – 24 с.
5. Гергель, У. Периодичность замены дизельных масел. Корпорация «Лубризол». Доклад на 2-й международной конф. по проблемам разработки, производства и применения смазочных материалов. – Бердянск : 06.09.97. – 51 с.
6. Дунаев, А.В. Опыт нормирования и контроля качества моторных масел с использованием установки МФС-7М. – Горный журнал, 2008. – № 2. – С. 69–73.
7. Управление надежностью сельскохозяйственной техники методами диагностики и триботехники / В. П. Миклуш [и др.] ; Минсельхозпрод РБ, УО "БГАТУ". – Минск : БГАТУ, 2019. – 392 с.
8. Большаков, Г.Ф. Восстановление и контроль качества нефтепродуктов. Изд. 2-е, переработанное. – Ленинград: Недра, 1982. – 350 с.
9. ГОСТ 8581-78 Масла моторные для автотракторных дизелей. Технические условия. – М. : Изд-во стандартов, 1987. – 11 с.
10. ГОСТ 23652-79 Масла трансмиссионные. Технические условия. – М. : Изд-во стандартов, 1987. – 16 с.
11. Григорьев, М.А., Бунаков, Б.М., Долецкий, В.А. Качество моторного масла и надежность двигателей. – М. : Издательство стандартов, 1981. – 232 с.
12. Резников, В.Д. Шипулина, Э.Н. Критерии работоспособности моторных масел. – М. : Химия и технология топлив и масел, 1989. – № 9. – С.29–34.
13. ГОСТ 28365-89 (СТ СЭВ 6397-88) Реактивы. Метод бумажной хроматографии. – М. : ИПК Изд-во стандартов, 1990. – 11 с.
14. ГОСТ 25549-90 Топлива, масла смазки и специальные жидкости. Химмотологическая карта. – М. : ИПК Изд-во стандартов, 1990. – 14 с.
15. Арабян, С.Г. и др. Масла и присадки для тракторных и комбайновых двигателей. Справочник. – М.: Машиностроение, 1984. – 208 с.
16. Дунаев, А.В. Выявление неисправностей двигателей внутреннего сгорания. Сельский механизатор, 2013. – № 10. – С. 38–41.
17. Дунаев, А.В. Диагностирование двигателей внутреннего сгорания и планирование их ремонта на основании качественных признаков технического состояния. – М. : Труды ГОСНИТИ, 2013. – Т. 112, ч. 1. – С. 172–177.
18. Матвеев, А.С. Влияние загрязнения масел на работу гидроагрегатов. – М. : Россельхозиздат, 1976. – 48 с.
19. Комплексная система технического обслуживания и ремонта машин в сельском хозяйстве. – М. : ГОСНИТИ, 1985. – 144 с.
20. ГОСТ 20793-2009 Тракторы и машины сельскохозяйственные. Техническое обслуживание. – М. : Изд-во стандартов, 2011. – 19 с.

Л.Я. Степук, В.В. Микульский, П.П. Бегун
*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: Wadim_501@mail.ru*

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ УСТАНОВКИ НАКОПИТЕЛЬНЫХ ЕМКОСТЕЙ НА ШИРОКОЗАХВАТНЫЕ ШТАНГОВЫЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ШНЕКО-КАТУШЕЧНОГО ТИПА

В статье приводятся теоретические доказательства о необходимости установки накопительных емкостей на широкозахватные штанговые распределители минеральных удобрений шнеко-катушечного типа на примере работы штангового распределителя с дозирующими высежными отверстиями в днище кожуха.

Ключевые слова: минеральные удобрения, внесение, штанговый распределитель, катушечный дозатор, дозирующие отверстия, накопительные ёмкости, коэффициент заполнения, межвитковое пространство, интегрирование, призма волочения.

L. Y. Stepuk, V. V. Mikulsku, P. P. Begun
*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»
Minsk, Republic of Belarus
e-mail: Wadim_501@mail.ru*

JUSTIFICATION OF THE NECESSITY TO THE INSTALLATION OF STORAGE CONTAINERS ON WIDE-CUT ROD DISTRIBUTORS OF MINERAL FERTILIZERS OF THE SCREW AND REEL TYPE

The article provides theoretical evidence of the necessity to install storage containers on wide-cut rod distributors of mineral fertilizers of the screw and reel type using the example of the operation of a rod distributor with metering seeding holes in the base of the screw enclosure using.

Keywords: mineral fertilizers, application, rod distributor, reel dispenser, metering holes, storage containers, space factor, interturn space, integration, creep prism.

Введение

В ЦНИИМЭСХе (ныне РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства») еще в 1980-е годы был создан ряд штанговых машин для внесения гранулированных минеральных удобрений: подкормщик РШУ-12, МШХ-9 и МХС-10 [1, 2]. Принцип работы этих машин заключался в разделении общего потока удобрений, поступающего из бункера или кузова машины, на максимально большое количество малых потоков, разделение которых осуществляется штанговым распределителем с дозирующими высежными отверстиями, расположенными в нижней её части. Однако, как было установлено, такой принцип работы штанговых распределителей существенно усложняет равномерное внесение подкормочных доз удобрений, так как для этого необходимо уменьшить ширину высежных отверстий до 6 мм, через которые, естественно, не может быть обеспечено устойчивое (непрерывное) их истечение (высев) [3].

Для устранения данного недостатка разработчиками данных машин было предложено в нижней части кожухов распределяющих шнековых штанг, над отверстиями, установить катушечные дозаторы, причем размеры отверстий, в данном случае, можно было выполнять уже значительно больше размера максимального сводообразующего отверстия для вносимого материала [3]. Данное решение, по мнению разработчиков, должно было обеспечить беспрепятственное просыпание удобрений в катушечные дозаторы непрерывным потоком, исключая заклинивание и сводообразование. Катушечные дозаторы, в свою очередь, вращающимися катушками способны высокоточно вносить удобрения на поверхность поля, с

неравномерностью 3-7 % [4]. Однако экспериментальные исследования нового типа штанговых шнеко-катушечных распределителей минеральных удобрений привели к выявлению новых недостатков. Так, исследованиями установлено, что для шнека, удовлетворяющего требованиям производительности по внесению максимальных доз удобрений, наблюдается их пульсирующая подача на катушки дозаторов через отверстия, расположенные ближе к концу штанги, что приводит, соответственно, к пульсирующему высеву на поле, а, следовательно, и к высокой неравномерности внесения удобрений. Кроме того, невозможность соблюдения равенства производительностей шнека штанги и катушечных дозаторов ведет к недогрузке крайних катушечных дозаторов или к их перегрузке и заклиниванию шнека штанги.

Выходом из данной проблемы, по мнению разработчиков, одна – установка накопительных емкостей перед катушечными дозаторами, причем объем накопительных емкостей должен быть разным по длине штанги – увеличиваться от загрузочной горловины штанги к ее концу [5]. Это вызвано тем, что количество удобрений в кожухе штанги уменьшается по мере их продвижения к крайнему катушечному дозатору вследствие высева удобрений предыдущими дозаторами, что ими и было доказано [6]. Однако приведенные теоретические доказательства о необходимости установки накопительных емкостей на широкозахватные штанговые распределители минеральных удобрений шнеко-катушечного типа очень сложны и требуют некоторой доработки, поэтому в данной работе предложен новый способ такого доказательства.

Основная часть

Шнеко-катушечная штанга (рис. 1) по-существу представляет собой многопоточный дозатор. В процессе её работы, по мере продвижения удобрений к концу штанги, происходит постоянное уменьшение коэффициента заполнения кожуха шнека от заборной камеры к последнему дозирующему отверстию.

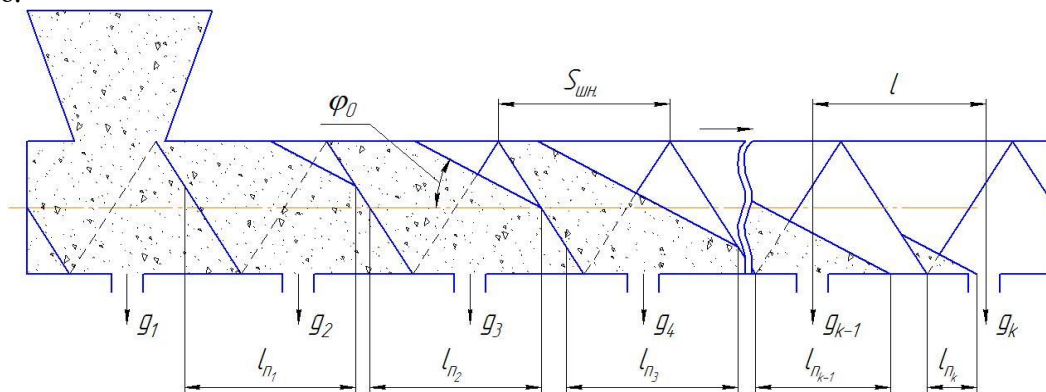


Рис. 1. Схема изменения наполнения кожуха шнека (штанги) удобрениями по мере удаления от загрузочной горловины

Из рисунка видно, что по мере продвижения удобрений от загрузочной горловины их высыпание происходит из большого количества высевных отверстий и естественно происходит снижение коэффициента заполнения (ψ_i). Причем, когда

$$l_n < S_{\text{шн}}, \quad (1)$$

где l_n – длина подошвы тела волочения, м, происходит нарушение условия непрерывности высева удобрений над k_i -м дозатором;

$S_{\text{шн}}$ – шаг винта шнека, м.

Для определения k_i -го по номеру дозатора, свыше которого нарушается условие непрерывности, запишем формулу для определения коэффициента заполнения шнека удобрениями над первым дозатором:

$$\psi_0 = \frac{V_{\text{шн}}}{V_0}, \quad (2)$$

где $V_{\text{шн}}$ – объем удобрений над первым дозатором на длине $l_{\text{к.д.}}$, м^3 ;

V_0 – объем внутренней части кожуха шнека на длине $l_{\text{к.д.}}$, м^3 ;

$l_{\text{к.д.}}$ – длина кожуха шнека в районе дозатора, м.

Указанные объемы определим из выражений:

$$V_{\text{шн}} = \frac{Q_{\text{шн.}} l_{\text{к.д.}}}{\gamma \cdot \vartheta_{\text{шн.}}} ; \quad (3)$$

$$V_0 = \frac{Q_{\text{шн. max}} l_{\text{к.д.}}}{\gamma \cdot \vartheta_{\text{шн.}}} , \quad (4)$$

где $Q_{\text{шн.}}$ – производительность шнека, кг/с;

γ – насыпная плотность удобрений, кг/м³;

$\vartheta_{\text{шн.}}$ – скорость образования винтовой поверхности шнека, м/с;

$Q_{\text{шн. max}}$ – производительность шнека при коэффициенте заполнения $\psi_0 = 1$ над первым дозатором, кг/с.

Подставив выражения (3) и (4) в формулу (2), получим:

$$\psi_0 = \frac{Q_{\text{шн.}}}{Q_{\text{шн. max}}} . \quad (5)$$

С учетом расхода удобрений через дозаторы производительность шнека над k_i -ым дозатором:

$$Q_i = Q_{\text{шн.}} - q_{\text{д}} \cdot k_{\text{д}i} , \quad (6)$$

где $q_{\text{д}}$ – производительность дозатора, кг/с;

$k_{\text{д}i}$ – порядковый номер дозатора от загрузочной горловины штанги.

Подставив выражение (6) в (5), получим коэффициент заполнения шнека над k_i -м дозатором:

$$\psi_i = \frac{Q_{\text{шн.}} - q_{\text{д}} \cdot k_{\text{д}i}}{Q_{\text{шн. max}}} = \psi_0 - \frac{q_{\text{д}} \cdot k_{\text{д}i}}{Q_{\text{шн. max}}} . \quad (7)$$

Выполнив преобразование формулы (7) получим k_i -ый по номеру дозатор, свыше которого нарушается условие непрерывности высева удобрений.

$$k_i = \frac{Q_{\text{шн. max}} (\psi_0 - \psi_i)}{q_{\text{д}}} . \quad (8)$$

Коэффициент заполнения ψ_i межвиткового пространства над k_i -м дозатором, ниже которого нарушается условие непрерывности высева удобрений, можно определить, зная объем удобрений над k_i -м дозатором. Данный объем можно найти методом интегрирования.

Рассмотрим с учетом условия (1) три возможные призмы волочения материала в межвитковом пространстве (рис. 2).

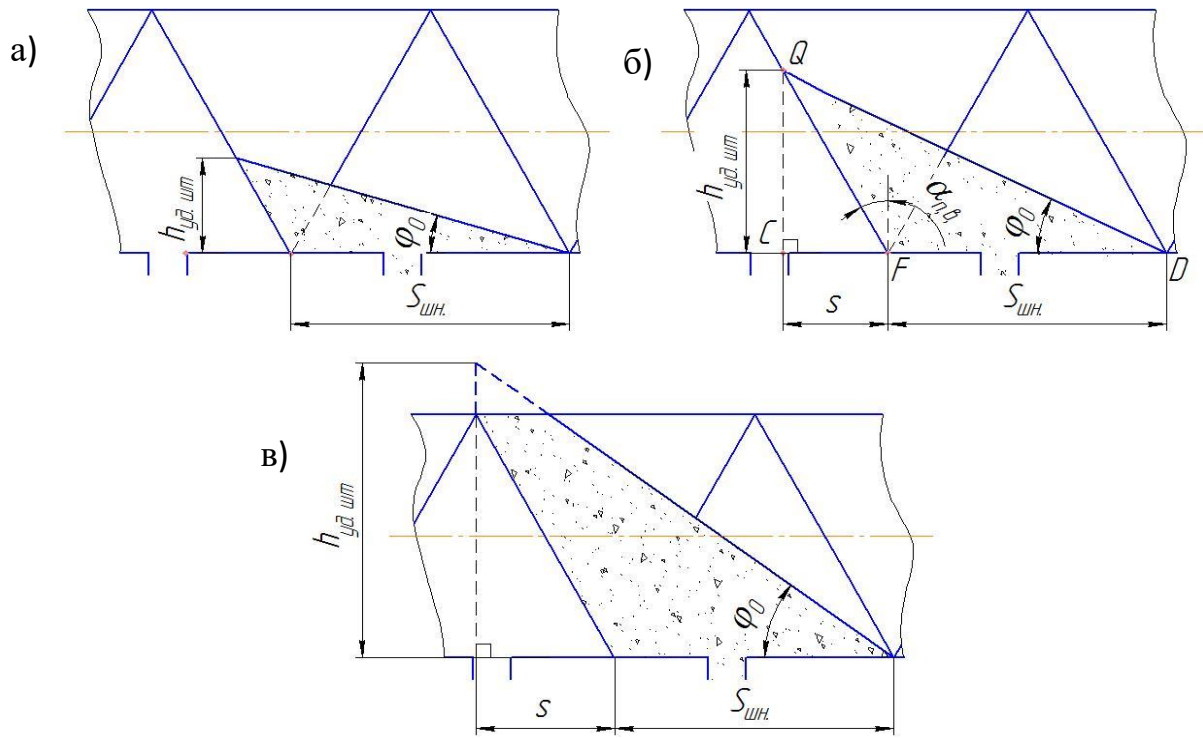


Рис. 2. Призма волочения удобрений в межвитковом пространстве
а) $h_{уд.шт.} \leq R_{к. шн.}$; б) $R_{к. шн.} \leq h_{уд.шт.} \leq 2R_{к. шн.}$; в) $h_{уд.шт.} \geq 2R_{к. шн.}$.

$$h_{уд.шт.} \leq R_{к. шн.}; \quad (9)$$

$$R_{к. шн.} \leq h_{уд.шт.} \leq 2R_{к. шн.}; \quad (10)$$

$$h_{уд.шт.} \geq 2R_{к. шн.}, \quad (11)$$

где $h_{уд.шт.}$ – высота уровня удобрений в начале рассматриваемого отрезка межвиткового пространства шнека, м;

$R_{к. шн.}$ – внутренний радиус кожуха шнека, м.

Из условия непрерывности высева удобрений над k_i -ым дозатором высоту уровня удобрений в начале рассматриваемого отрезка штанги при высоте уровня удобрений в конце отрезка равным нулю определим из рисунка 2б:

$$h_{уд.шт.} = \frac{S_{шн.} \cdot \cos \alpha_{п.в} \sin \varphi_0}{\cos(\alpha_{п.в} + \varphi_0)}, \quad (12)$$

где $\alpha_{п.в}$ – угол подъема винтовой линии, град;

φ_0 – угол внутреннего трения материала, град.

Согласно рис. 2а, найдем объем удобрений в межвитковом пространстве шнека. Для этого отсечем кожух шнека, в котором расположен искомый объем удобрений, с двух сторон плоскостями параллельными плоскости XOZ так, как на рис. 3.

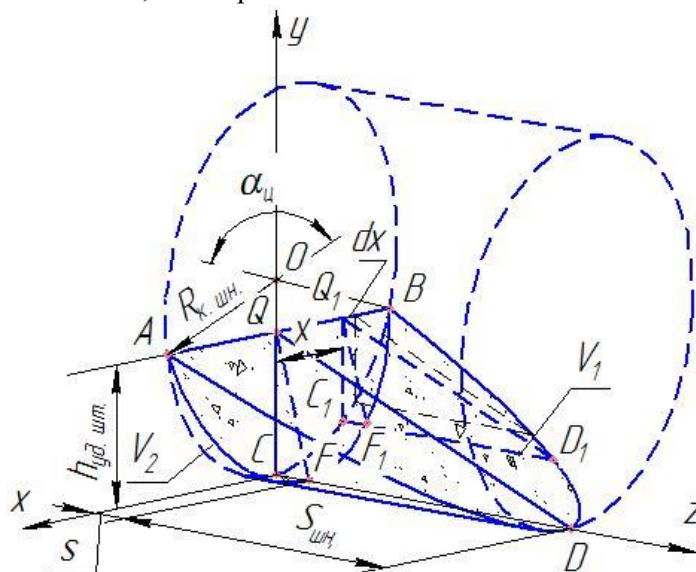


Рис. 3. К определению объема удобрений в межвитковом пространстве

Из рис. 3 видно, что полученное тело имеет форму цилиндра длиной $S + S_{\text{шн.}}$. В данном цилиндре искомое тело ограничено двумя плоскостями FAB и DAB и частью боковой поверхности цилиндра. Тогда искомый объем удобрений будет равен

$$V_{\text{шн.}} = V_1 - V_2, \quad (13)$$

где V_1 – объем материала, ограниченный плоскостями CAB и DAB и частью боковой поверхности цилиндра, м^3 ;

V_2 – объем материала, ограниченный плоскостями CAB и FAB и частью боковой поверхности цилиндра, м^3 .

Для определения V_1 , обозначим через $R_{\text{к.шн.}}$ радиус OA сегмента CAB . Через $S + S_{\text{шн.}}$ обозначим высоту CD тела. Проводя прямую плоскость параллельно плоскости YOZ через прямую OD , получим прямоугольный треугольник DCQ , катеты которого – h и $S + S_{\text{шн.}}$.

Разобьем наше тело на бесконечно тонкие пластинки плоскостями, параллельными плоскости DCQ ; в сечениях получим прямоугольные треугольники, подобные треугольнику, как например, треугольник $D_1C_1Q_1$.

Обозначим через x расстояние QQ_1 от сечения $D_1C_1Q_1$ до точки Q , тогда толщина пластинки будет равна dx . Через y обозначим катет Q_1C_1 и через S_z – катет C_1D_1 .

Тогда площадь сечения $D_1C_1Q_1$ будет равна

$$S_{D_1C_1Q_1} = \frac{1}{2} y S_z.$$

Таким образом, объем пластинки (которую ввиду её бесконечной тонкости можно считать призмой с основанием $D_1C_1Q_1$ и высотой dx) равен

$$V_1 = \int_{-a/2}^{+a/2} \frac{1}{2} y S_z dx, \quad (14)$$

где a – половина длины хорды AB , м.

Длина хорды окружности определяется по известной формуле:

$$a = 2R_{\text{к. шн.}} \sin \frac{\alpha_{\text{ц}}}{2},$$

где $\alpha_{\text{ц}}$ – центральный угол, град.

Центральный угол можно определить из прямоугольного треугольника QAO по теореме синусов:

$$\alpha_{\text{ц}} = 2 \arcsin \left(\frac{\sqrt{R_{\text{к. шн.}}^2 - (h_{\text{уд. шт.}} - R_{\text{к. шн.}})^2}}{R_{\text{к. шн.}}} \right).$$

Аналогичным образом была получена формула для определения объёма тела V_2

$$V_2 = \int_{-a/2}^{+a/2} \frac{1}{2} y s_z dx. \quad (15)$$

Тогда, подставив в формулу (13) формулы (14) и (15), получим:

$$V_{\text{шн.}} = \int_{-a/2}^{+a/2} \frac{1}{2} y S_z dx_1 - \int_{-a/2}^{+a/2} \frac{1}{2} y s_z dx. \quad (16)$$

Для того, чтобы вычислить этот интеграл, необходимо выразить yS_z и ys_z через x .

Из подобия треугольников DCQ и $D_1C_1Q_1$ имеем:

$$\frac{S_z}{y} = \frac{s + S_{\text{шн.}}}{h_{\text{уд. шт.}}}. \quad (17)$$

где s – расстояние CF (рисунок 2а), м.

Данное расстояние можно определить по следующей формуле:

$$s = \frac{h_{\text{уд. шт.}}}{\text{tg} \varphi_0} - S_{\text{шн.}}. \quad (18)$$

Если подставить в формулу (18) формулу (12) и произвести некоторые преобразования, то получим:

$$s = \frac{S_{\text{шн.}} \cdot (\cos \alpha_{\text{п.в}} \cos \varphi_0 - \cos(\alpha_{\text{п.в}} + \varphi_0))}{\cos(\alpha_{\text{п.в}} + \varphi_0)}.$$

Выразим из формулы (17) S_z

$$S_z = \frac{s + S_{\text{шн.}}}{h_{\text{уд. шт.}}} y.$$

Проведем аналогичные операции с S_z

$$s_z = \frac{s}{h_{\text{уд. шт.}}} y.$$

Таким образом, подинтегральные функции (16) примут вид:

$$V_{\text{шн.}} = \int_{-a/2}^{+a/2} \frac{(s + S_{\text{шн.}})}{2h_{\text{уд. шт.}}} y^2 dx - \int_{-a/2}^{+a/2} \frac{s}{2h_{\text{уд. шт.}}} y^2 dx. \quad (19)$$

Поскольку x и y связаны уравнением

$$x^2 + y^2 = R^2,$$

где по теореме Пифагора

$$y^2 = \left(h_{\text{уд. шт.}} - R_{\text{к. шн.}} + \sqrt{R_{\text{к. шн.}}^2 - x^2} \right)^2, \quad (20)$$

то, подставив уравнение (20) в (19) и после некоторых преобразований, получим:

$$V_{\text{шн.}} = \left(\frac{S_{\text{шн.}}}{2h} \right) \int_{-a/2}^{+a/2} \left(h_{\text{уд. шт.}} - R_{\text{к. шн.}} + \sqrt{R_{\text{к. шн.}}^2 - x^2} \right)^2 dx, \quad (21)$$

Проинтегрировав формулу (21) и подставив в (2), получим окончательную формулу для определения коэффициента заполнения над k -ым дозатором для первого варианта тела волочения:

$$\psi_1 = \left(\frac{1}{2\pi h_{\text{уд. шт.}} R_{\text{к. шн.}}^2} \right) \left(k_1 - 2m_1 R_{\text{к. шн.}}^2 + 2g_1 h_{\text{уд. шт.}} \right), \quad (22)$$

где

$$\begin{aligned} k_1 &= x h_{\text{уд. шт.}}^2 + 2x R_{\text{к. шн.}}^2 - \frac{x^3}{3}; \\ m_1 &= \frac{x \sqrt{R_{\text{к. шн.}}^2 - x^2} + R_{\text{к. шн.}}^2 \arcsin(x / |R_{\text{к. шн.}}|)}{2}; \\ g_1 &= \frac{x \sqrt{R_{\text{к. шн.}}^2 - x^2} + R_{\text{к. шн.}}^2 \arcsin(x / |R_{\text{к. шн.}}|)}{2} - r; \end{aligned}$$

$$+ \frac{a}{2} \leq x \leq -\frac{a}{2}.$$

Аналогичным образом были получены коэффициенты заполнения межвиткового пространства для второго варианта призмы волочения:

$$\psi_2 = \frac{\left[\frac{(h_{\text{карб. шт.}} - R_{\text{к. шн.}}) S_{\text{шн.}} m_2}{h_{\text{карб. шт.}}} + \frac{S_{\text{шн.}}}{h_{\text{карб. шт.}}} \left(\frac{2}{3} R_{\text{к. шн.}}^3 - \frac{12a R_{\text{к. шн.}}^3 - a^3}{24} \right) + g_2 \right]}{\pi R_{\text{к. шн.}}^2 S_{\text{шн.}}}, \quad (23)$$

где

$$m_2 = \frac{\pi R_{\text{к. шн.}}^2}{2} + (h_{\text{уд. шт.}} - R_{\text{к. шн.}}) R_{\text{к. шн.}} \sin \frac{\alpha_{\text{ц}}}{2};$$

$$g_2 = \frac{2}{3} R_{\text{к. шн.}}^3 \frac{S_{\text{шн.}}}{h_{\text{уд. шт.}}}.$$

Для третьего варианта призмы волочения:

$$\psi_3 = \frac{3\pi S_{\text{шн.}} (h_{\text{уд. шт.}} - R_{\text{к. шн.}}) + 4[h_{\text{уд. шт.}} S_{\text{шн.}} + (h_{\text{уд. шт.}} - 2R_{\text{к. шн.}})(s + S_{\text{шн.}})]}{6\pi S_{\text{шн.}} h_{\text{уд. шт.}}}. \quad (24)$$

Заключение

Таким образом, рассчитав по формуле (12) высоту уровня удобрений в начале отрезка межвиткового пространства шнека штанги в момент нарушения условия непрерывности их высева, и по полученному результату, согласно условиям (9–11), определив их призму волочения и соответствующий ей коэффициент заполнения по формулам (22), (23) или (24) (в зависимости от варианта призмы волочения), по формуле (8) можно определить k -й дозатор широкозахватного штангового распределителя, свыше которого нарушается условие непрерывности высева удобрений из последнего.

Применив данный алгоритм к конкретной машине, например, к рассеивателю РМУ-11000 со штанговыми распределителями шнеко-катушечного типа шириной захвата 18 м (разработка РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства») установлено, что при внесении хлористого калия с начальным коэффициентом заполнения кожуха шнека над первым дозатором $\psi_0 = 0,95$, внутреннем радиусе кожуха шнека $R_{\text{к. шн.}} = 0,071$ м, шаге винта шнека $S_{\text{шн.}} = 0,128$ м и максимальной производительности катушечного дозатора $q_{\text{д}} = 0,0583$ кг/с (36 катушечных дозаторов на одной 9-ти метровой штанге), уже начиная с 21-го дозатора прекращается непрерывная подача удобрений в них.

В результате получается, что для того чтобы над всеми дозаторами штанги постоянно находился материал, подлежащий дозированию, необходимо предусмотреть между кожухом шнека и дозаторами накопительные ёмкости, которые позволят, не увеличивая габариты штанги (диаметра винта и кожуха), обеспечить непрерывную работу всех дозаторов, что и было реализовано в данном распределителе.

Список использованных источников

1. Степук, Л. Я. Машины для применения средств химизации в земледелии: конструкция, расчет, регулировки: учеб. пособие / Л. Я. Степук, В. Н. Дашков, В. Р. Петровец. – Минск : Дикта, 2006. – 447 с.

2. Степук, Л. Я. О проблемах механизации применения известковых материалов и химизации МХС-10 / Л. Степук [и др.] // Аграрная экономика. – 2012. – № 4. – С. 55–59.
3. Машина штанговая для внесения минеральных удобрений: пат. 5575 Респ. Беларусь, МПК A01C15/00 / Л.Я. Степук, В.В. Барабанов; заявитель Респуб. унитар. предпр. «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – № а 20110579; заявл. 30.12.2012; опубл. 30.10.2013.// Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2009. – № 5. – С. 142.
4. Минеральные удобрения с максимальной эффективностью// Официальный сайт научно-практического журнала «Белорусское сельское хозяйство» [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <http://agriculture.by/articles/tehnika-i-tehnologii/mineralnye-udobrenija-s-maksimalnoj-jeffektivnostju>. – Дата доступа: 22.05.2020.].
5. Машина штанговая для внесения минеральных удобрений: пат. 17624 Респ. Беларусь, МПК A01C15/00 / Л.Я. Степук, В.В. Барабанов, Л.М. Протько; заявитель Респуб. унитар. предпр. «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – № u 20090184; заявл. 10.03.2009; опубл. 30.10.2009.// Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2013. – № 5. – С. 58.
6. Степук, Л. Я. Обоснование объема накопительных емкостей на штангах шнекокатушечного типа / Л. Я. Степук, В. В. Барабанов // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 10–11 окт. 2012 г. : в 3 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Т. 1. – С. 77–90.

А.Н. Юрин

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь*

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ ВАЛКОВАТЕЛЯ ВЕТОК ПЛОДОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ

В данной статье приведено обоснование параметров и режимов работы валкователя веток плодовых деревьев.

Ключевые слова: валкователь веток, измельчитель веток, рабочий орган, траектория движения, динамический коэффициент, жесткость щетки.

A.N. Yuryn

*RUE "SPC NAS of Belarus on the mechanization of agriculture",
Minsk, Republic of Belarus*

SUBSTANTIATION OF PARAMETERS AND MODES OF OPERATION OF A FELLING TROLLEY OF FRUIT TREES

This article provides a rationale for the parameters and operating modes of the rake of fruit tree branches.

Keywords: branch rake, branch grinder, working body, trajectory of movement, dynamic coefficient, brush stiffness.

Введение

Важным агротехническим приемом по уходу за многолетними насаждениями является обрезка деревьев. В зависимости от конструкции насаждения и его возраста объем срезаемых ветвей достигает 3–28 т/га [1, 2]. Такое количество отходов требует проведения технологических операций по их утилизации. Из 473 чел.-час трудовых затрат при возделывании 1 га яблоневого сада на обрезку кроны и утилизацию веток требуется трудовых затрат в количестве 386 чел.-час.

В настоящее время утилизация отходов обрезки в садах происходит вручную. Технологический процесс заключается в собирании сучьев рабочими с погрузкой в транспортное средство,двигающееся непосредственно по междурядью, и вывозу сучьев за пределы сада с последующим их сжиганием. Этот способ очень трудоемкий и малопродуктивный. Кроме того, при погрузке и разгрузке возможно травмирование людей.

Недостатком такой технологии также является нерациональное использование плодовой древесины – сжигание, которое приводит к загрязнению окружающей среды. Так, с каждой тонны сожженных веток в воздух выделяется 2–3 кг оксида углерода, 0,2 кг диоксида серы и других вредных веществ. Это оказывает токсичное действие на природную экосистему и здоровье человека. При этом, кроме загрязнения окружающей среды, происходит выжигание почвы. Из сельскохозяйственного оборота изымается до 2 % плодородной почвы [1, 3].

Наиболее перспективной в настоящее время является технология утилизации веток с валкованием и измельчением веток непосредственно в междурядье сада, с последующим мульчированием почвы щепой.

Для решения этой задачи в РУП «НПЦ НАН ,Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработан комплекс уборки веток плодовых деревьев КУВ 1,8, состоящий из валкователя и измельчителя веток.

Объекты и методы исследований

Объектом исследований являлись комплекс уборки веток плодовых деревьев. При исследовании применялись абстрактно-логический и расчетно-конструктивный методы.

Обоснование диаметра щетки валкователя

Диаметр рабочего органа валкователя зависит от ширины междурядий сада. Ранее установлено, что ширина между рядами современных интенсивных садов составляет 3-4,5 м.

Таким образом, диаметр рабочего органа валкователя должен составлять (рис. 1):

$$D_b = \frac{b_m - b_u}{2},$$

где b_m – ширина междурядий сада, м;

b_u – ширина захвата измельчителя, м.

Ширина измельчителя зависит от мощности энергетического средства, которое приводит его в движение. Экспериментальным путём установлено, что для садовых тракторов Беларус-921 и наиболее распространённого в Республике МТЗ- 80 зачастую используемого в садоводстве рабочая ширина измельчителя составляет 1,7–1,9 м.

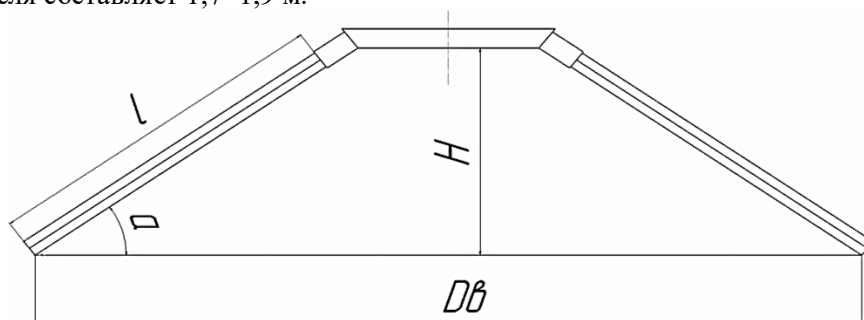


Рис. 1. – Схема рабочего органа валкователя плодов

Таким образом, для садов интенсивного типа диаметр валкователя должен составлять $D_b = 0,55 - 1,4$ м.

Очевидно, при проектировании рабочего органа необходимо выбрать наибольшее значение, для обеспечения выполнения технологического процесса сгребания веток при ширине междурядий 4,5 м, таким образом, $D_b = 1,4$ м.

Определение скорости вращения рабочего органа валкователя и количества щёток

Щетки рабочего органа валкователя должны равномерно располагаться по периметру круга описываемого им при вращении и при работе осуществляют одновременно вращательное движение вокруг своей оси и поступательное движение вместе с машиной.

Траектория движения конца щётки при этом образует трохоиду и описывается уравнениями (рис. 2)

$$X = V_m \cdot t + R \cdot \cos \omega t, \quad (1)$$

$$Y = L_p - R \cdot \sin \omega t$$

или

$$X = \frac{\omega t}{\lambda} \cdot t + R \cdot \cos \omega t.$$

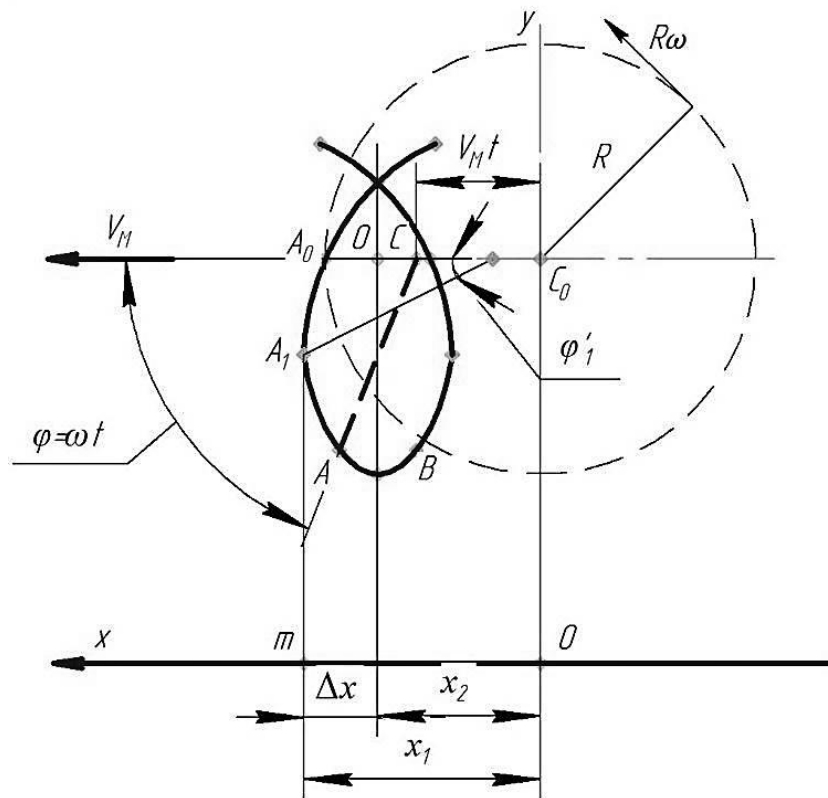


Рис. 2. Траектория движения конца щётки

Выражение (1) представляют собой уравнения, описываемой точкой А щётки валкователя. в зависимости от поступательной скорости машины и относительной скорости вращения щеки $U = \omega t$ вид траектории может изменяться. Очевидно, что щётка валкователя только в тех случаях будет иметь возможность сгребать ветки, когда $\lambda > 1$, т.е. когда $U > V_M$. Иными словами, чтобы перемещать ветки в центр междурядья щётка должна двигаться навстречу им, следовательно, горизонтальная составляющая V_H скорости её должна иметь направление в сторону, обратную движению машины, т.е.

$$V_x = \frac{dx}{dt} > 0,$$

Взяв производную от уравнения (1) получили:

$$V_x = V_M - R\omega \cdot \sin \omega t < 0.$$

Отсюда, учитывая, что $U = R\omega$,

$$V_M < U \cdot \sin \omega t = U \cdot \sin \varphi.$$

Угол φ имеет рабочие пределы 0 и π и, следовательно, наибольшее значение $\sin \varphi = +1$, когда $\varphi = \pi/2$, поэтому, чтобы щётка могла сгребать ветки повернувшись на $\pi/2$ от начального положения необходимо чтобы удовлетворялось условие:

$$V_M < U \text{ или } \lambda > 1.$$

В этом случае V_x получает наибольшую величину:

$$V_x = V_M - U.$$

Если условие $\lambda > 1$ выполнено, то при некотором угле поворота $\varphi_1 = \omega \cdot t_1$ скорость V_x может снизиться для 0. Этот угол определяется из равенства

$$V_x = V_M - U \cdot \sin \varphi_1 = 0,$$

$$\sin \varphi_1 = \frac{1}{\lambda},$$

откуда

$$\varphi_1 = \omega \cdot t_1 = \arcsin \frac{V_M}{U} = \arcsin \frac{1}{\lambda}.$$

Итак, при условии $\lambda = \frac{V_M}{U} > 1$ щётка валкователя может осуществлять сгребание веток.

Если рабочий орган валкователя z щёток, вращающихся с угловой скоростью ω и перемещается с поступательной скоростью V_M , то в течение времени $T = 2\pi/\omega$ полного оборота последовательно будут действовать все z щётки (рис. 3).

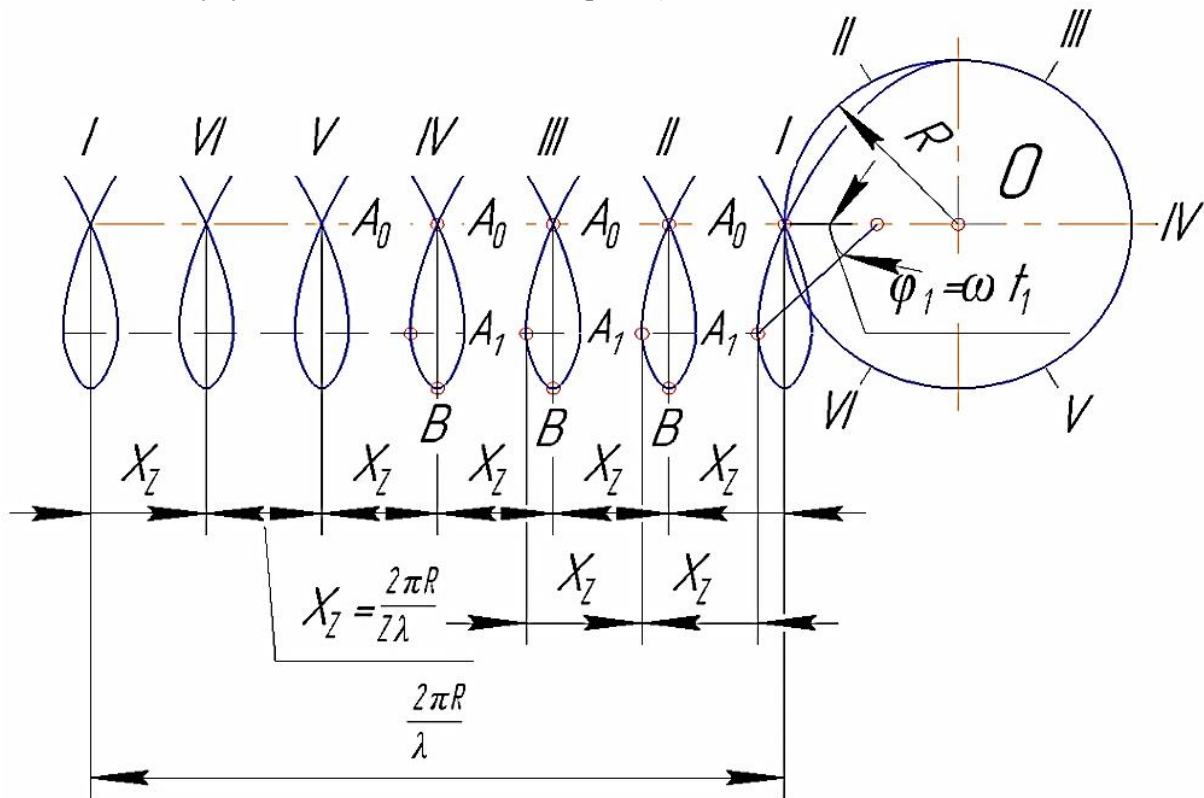


Рис. 3. Траектория движения конца щётки

Отрезок времени $t_z = \frac{T}{z}$, является временем, в течение которого может действовать каждая отдельная щетка, отсчитывая это время с момента начала взаимодействия щетки с веткой и до момента, когда следующая щетка начнет взаимодействовать с ветками, получим:

$$t_z = \frac{2\pi}{z\omega} = \frac{\varphi'_1 - \varphi_1}{\omega}$$

отсюда

$$\varphi'_1 = \varphi_1 + \frac{2\pi}{z}.$$

Машина, а вместе с ней и щётка, за время t_z переместится на расстояние:

$$X_z = V_M \cdot t_z = \frac{2\pi}{z\omega} \cdot V_M$$

или, учитывая, что $V_M = \frac{\omega \cdot R}{\lambda}$, получим:

$$X_z = \frac{2\pi R}{z\lambda} \quad (2)$$

Назовём X_z шагом щётки, выражение (2) показывает, что шаг щётки прямо пропорционален радиусу R и обратно пропорционален числу щёток и показателю λ .

На рисунке отмечен шаг щеток расстояниями между точками A_1 , где щетки последовательно взаимодействуют с ветками. Это же расстояние сохраняется между точками A_0 , где щетки приходят на уровень горизонтального диаметра рабочего органа валкователя, или между нижними точками B петель трохоиды.

Если щеток n , то за один оборот щетки все n щеток будут взаимодействовать с ветками, следовательно, будет n траекторий их движения, а временной интервал между ними Δt составит:

$$\Delta t = \frac{t_{об}}{n},$$

где n – количество щёток.

Таким образом, каждая следующая щетка будет вступать во взаимодействие с ветками через Δt времени после предыдущей

$$\Delta t = \frac{2\pi}{\omega n}$$

тогда

$$t_2 = t_1 + \Delta t,$$

$$t_3 = t_2 + \Delta t = t_1 + 2\Delta t,$$

$$t_4 = t_3 + \Delta t = t_1 + 3\Delta t,$$

$$t_5 = t_4 + \Delta t = t_1 + 4\Delta t; \text{ и так далее.}$$

Наложение траектории движения щёток щёточного узла подборщика изображены на рис. 4.

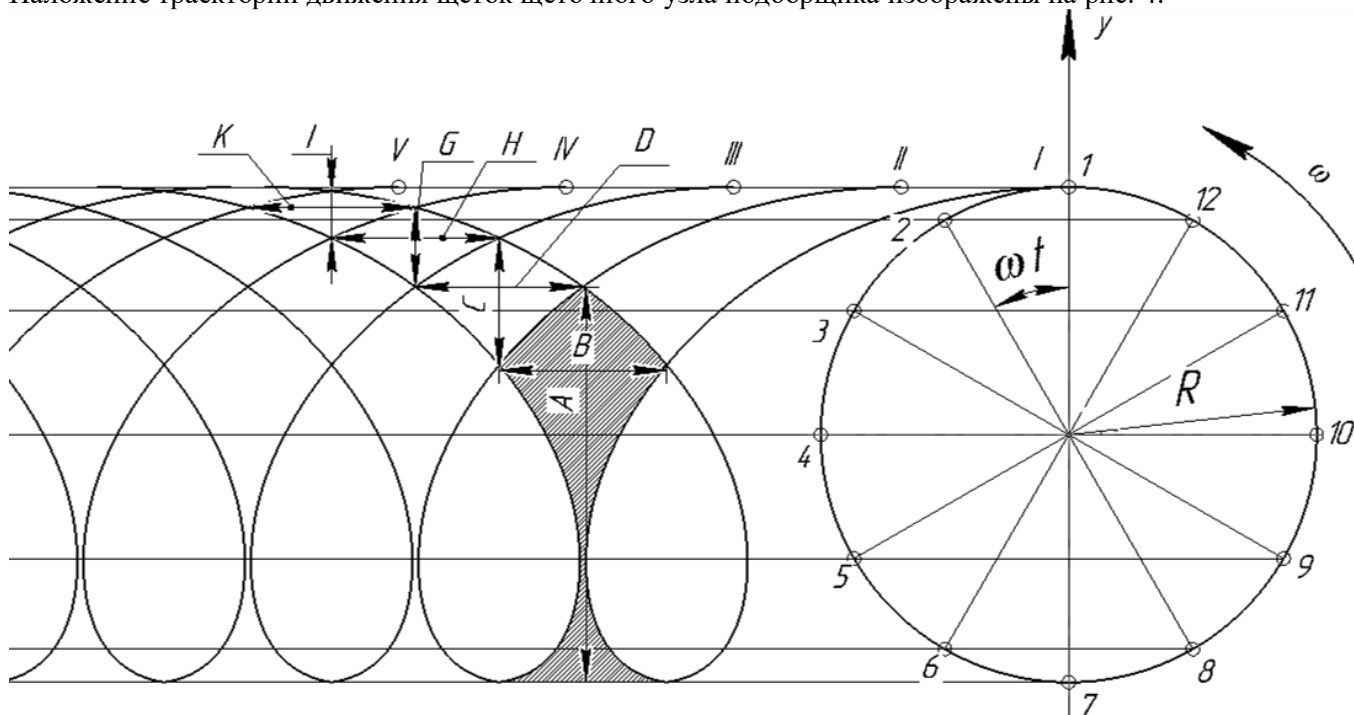


Рис. 4. Схема к определению динамического коэффициента при работе щеток валкователя λ

Экспериментальным путем установлено, что размер срезаемых веток варьируется от 0,3 до 1,5 м. При этом из рисунка 4 видно, что для обеспечения полного сгребания веток необходимо, чтобы размеры А, В, С, D, Е, F, G, H, I и К не превышали максимального значения длины веток, то есть 0,3 м.

При этом расстояние $B = D = F = H = K$ и составляет:

$$S_x = \frac{S_0}{z} = \frac{2\pi}{z\lambda} R,$$

то есть:

$$B = 0,3 \leq S_x = \frac{2\pi}{z\lambda} R.$$

Таким образом

$$\lambda = \frac{2\pi}{zS_x} R.$$

Если $S_x = 0,3\text{м}$, то

$$\lambda = \frac{2\pi}{0,3z} R.$$

Но, из рисунка, очевидно, что величины D, E, G, I меньше значений B, D, F, H, K.

Наибольшее значение имеет величина А при такой работе валкователя, когда траектории щёток не пересекаются, т.е. когда $2\Delta x \leq S_x$ следовательно:

$$2 \frac{R}{\lambda} \left(\varphi_1 + \sqrt{\lambda^2 - 1} - \frac{\pi}{2} \right) \leq \frac{2\pi}{z\lambda} R.$$

Или

$$X_5 - X_9 = S_x,$$

$$X_5 = R \cdot \sin \omega t_5 + \frac{\omega R}{\lambda} t_5,$$

$$X_9 = R \cdot \sin \omega t_9 + \frac{\omega R}{\lambda} t_9.$$

Преобразовывая полученные выражения, получим следующее:

$$\lambda = \frac{2\pi R - z(\omega R t_5 - \omega R t_9)}{Rz(\sin \omega t_5 - \sin \omega t_9)}.$$

Графическое отображение полученного выражения изображено на рисунке 5.

Из рисунка 5 очевидно, что зависимость имеет характер степенной функции.

При малом количестве щеток коэффициент $\lambda = 3 \dots 5$, что значительно повышает затраты энергии на выполнение технологического процесса. Наиболее рациональным является количество щеток 4-6 на щеточном узле валкователя. При этом коэффициент $\lambda = 1,8 - 2,2$.

При дальнейшем увеличении количества щеток на щеточном узле, при условии полного сгребания веток, динамический коэффициент снижается незначительно, а металлоёмкость конструкции сильно возрастает.

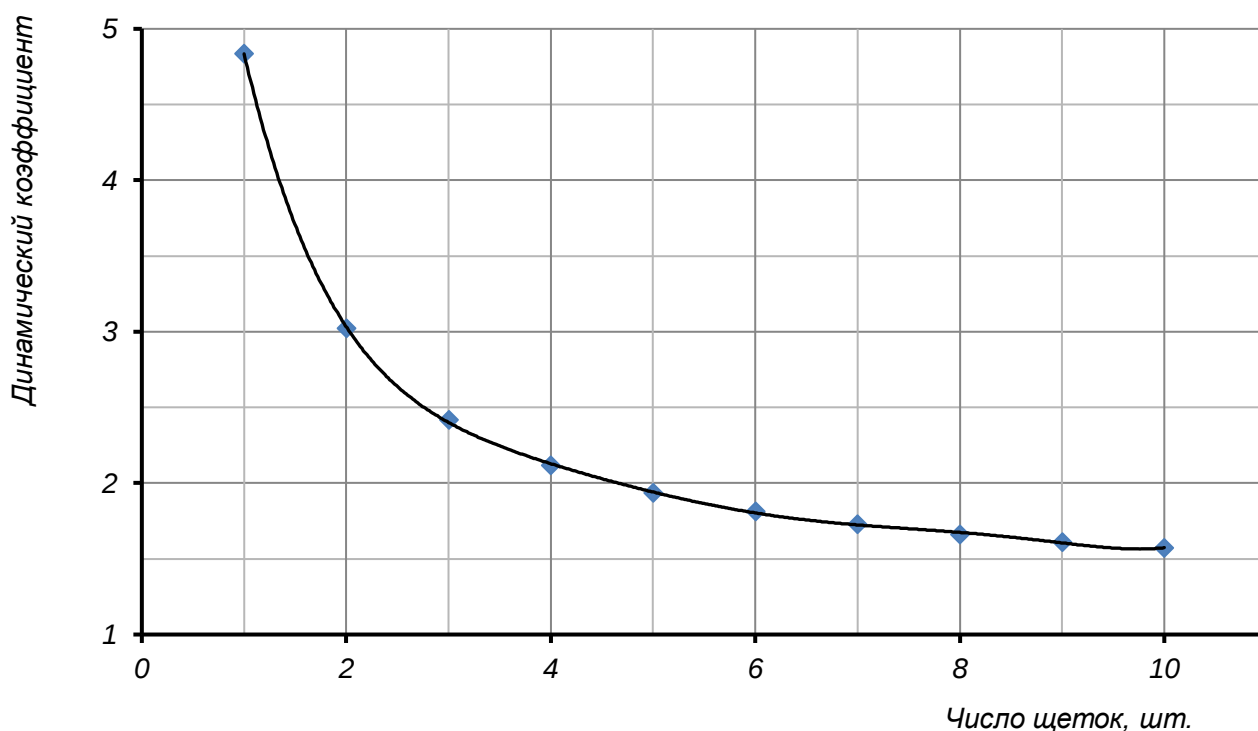


Рис. 5. Зависимость динамического коэффициента от количества щеток

Экспериментальным путем установлено, что полное измельчение ветвей происходит при скорости движения агрегата по междурядью 0,9–1,2 км/ч (0,25–0,33 м/с), таким же будет движение и всего комплекса.

Таким образом, рабочая скорость щетки валкователя должна составлять 0,38–0,73 м/с.

Обоснование жесткости щетки валкователя

Обоснование жесткости щетки валкователя ведем из условия максимального их изгиба, когда палец касается ветки параллельно поверхности почвы. В этом случае усилие прижатия ветки пальцем не должно превышать допустимого значения $P_{дон}$.

Расчет пальца на изгиб проводим из условия неизменности его длины. Предположим, что при максимальном изгибе палец принимает форму четверти окружности (рис. 6), тогда длина пальца, как четверть дуги окружности, определится из выражения:

$$l_{\text{в}} = R_{\text{изг}} \cdot \frac{\pi}{2}$$

откуда

$$R_{\text{изг}} = \frac{2l_{\text{в}}}{\pi} \quad (3)$$

где $R_{\text{изг}}$ – радиус изгиба пальца.

Прогиб пальца в начале изгиба согласно []

$$X_{\text{а.н.}} = \frac{P \cdot l}{3E \cdot J} \quad (4)$$

где E – модуль упругости материала пальца;

J – момент инерции поперечного сечения пальца;

P – восстанавливающая сила упругости пальца.

Так как процесс изгиба от начала до конца подчиняется закону Гука, то формула (4) справедлива и для конечного перемещения пальца. Учитывая, что

$$X_{\text{а.к.}} = R_{\text{изг}} = \frac{2l_{\text{в}}}{\pi} \quad (5)$$

Для конечного перемещения пальца получим

$$\frac{2l_{\text{в}}}{\pi} = \frac{P \cdot l}{3E \cdot J} \quad (6)$$

Уравнение (6) дает значение обобщенного показателя жесткости пальцев

$$E \cdot J = \frac{P \cdot \pi \cdot l_{\text{в}}^2}{\sigma} \quad (7)$$

Из уравнения (7) следует, что жесткость пальцев зависит как от материала, так и от длины пальцев.

Из рис. 6 видно, что $l_2 = \frac{D}{2} \cos \alpha$ при этом $l_2 = 2R_{\text{изг}} \cdot \sin \frac{\gamma}{2}$ – также длина дуги образуемая пальцами щеточного узла щетки валкователя

$$S = \frac{\pi \cdot R_{\text{изг}} \cdot \gamma}{180} \quad (8)$$

При $\gamma=90^\circ$, (крайнее значение)

$$S = \frac{\pi \cdot R_{\text{изг}}}{2} \quad (9)$$

Преобразуя выражение, получим следующее:

$$R_{\text{изг}} = \frac{l_2}{2 \sin 45} = \frac{D \cdot \cos \alpha}{4 \sin \frac{\gamma}{2}} \quad (10)$$

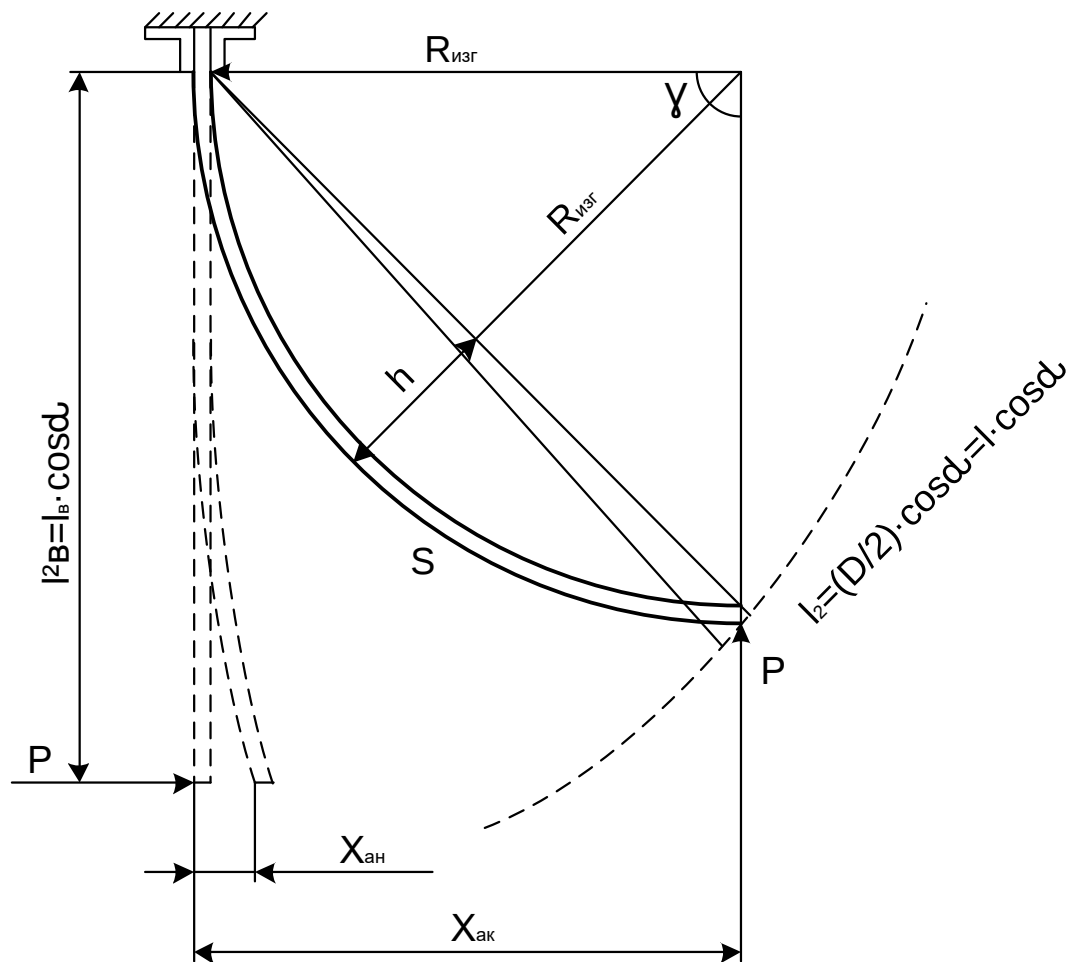


Рис. 6. Схема к обоснованию жесткости пальца

Тогда:

$$S = \frac{\pi \cdot D \cdot \cos \alpha}{8 \sin \frac{\gamma}{2}} = 0,67 \text{ м}$$

При этом из рисунка 6 видно, что длина дуги S равна горизонтальной проекции пальцев щеточного узла.

$$S = l_{B2}$$

Тогда учитывая, что

$$l_{B2} = l_B \cos \alpha$$

получим

$$l_{B2} = \frac{\pi \cdot D \cdot \cos \alpha}{8 \sin \frac{\gamma}{2}} = 0,78 \text{ м}$$

Таким образом, при такой длине пальцев обобщенный показатель жесткости пальцев щеточного узла должен быть в пределах

$$E \cdot J = 0,32 P$$

Экспериментальным путем установлено, что усилие, необходимое для перемещения отдельных веток диаметром до 70 мм может составлять до 100 Н, тогда обобщенный показатель жесткости пальцев щеточного узла составляет 40,8 кН·мм².

Заключение

1. Проведены теоретические исследования по обоснованию ширины захвата валкователя веток по агротехническим и технологическим требованиям производительности и определен диаметр щетки щеточного узла 1,4 м.
2. Кинематико-энергетическим анализом области технологического функционирования валкователя веток определено рациональное количество щеток на щеточном узле валкователя 4 ... 6 и скорость их вращения 0,38–0,73 м/с и динамический коэффициент 1,8 – 2,2;
3. Графический анализ процесса перемещения ветвей щеточным узлом позволил установить рациональную длину пальцев щеточного узла 0,78 м и их жесткость 40,8 кН · мм².

Список использованных источников

1. Ланцев, Ю.В. Совершенствование технологии утилизации отходов обрезки в слаборослых садах с обоснованием параметров измельчителя : Автореф. дис. ...канд. техн. наук: 05.20.01. – Мичуринск, 2004. – 23 с.
2. Заммoeв, А.У. Параметры и режимы работы измельчительного устройства подборщика-измельчителя срезанных ветвей плодовых деревьев // Автореф. дисс. ...канд. техн. наук: 05.20.01. – Нальчик, 2006. – 24 с.
3. Машины для формирования кроны и уборки урожая плодовых культур /Г.П. Варламов: [и др.], – М., «Машиностроение», 1975 – 206 с.

К.М. Рассошенко¹, П.П. Бегун²

¹ГУ «Белорусская МИС»

п. Привольный, Минская обл., Республика Беларусь

e-mail: kostyarass@rambler.ru

²РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

e-mail: behun@mail.ru

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ И КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАСПРЕДЕЛЯЮЩЕГО РАБОЧЕГО ОРГАНА К МАШИНАМ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ И ВНЕСЕНИЯ ПОЛУЖИДКОГО НАВОЗА МЕТОДОМ БОКСА-БЕНКИНА

В статье приводятся результаты выполненных экспериментальных исследований с целью обоснования рациональных конструктивных и кинематических параметров распределяющего рабочего органа к машинам для транспортировки и внесения полужидкого навоза.

Ключевые слова: распределяющий рабочий орган, математическое планирование эксперимента, метод Бокса-Бенкина, конструктивные параметры, неравномерность.

K. M. Rasoshanka¹, P.P. Behun²

¹ISU "Belarusian MIS"

Privolny settlement, Minsk region, Republic of Belarus

e-mail: kostyarass@rambler.ru

²RUE "Scientific and Production Center of the NAS of Belarus for Agricultural Mechanization"

Minsk, Republic of Belarus

e-mail: behun@mail.ru

JUSTIFICATION OF CONSTRUCTIVE AND KINEMATIC PARAMETERS OF THE DISTRIBUTING WORKING BODY TO THE MACHINES FOR TRANSPORTATION AND THE IMPLEMENTATION OF THE PURPOSE MANAVE BY THE METHOD OF BOXING BENKIN

The article presents a promising design of the distributing working body for machines for transporting and applying semi-liquid manure. To substantiate its main constructive and kinematic parameters, the method of mathematical planning of an experiment was applied.

Keywords: distributing working body, mathematical planning of the experiment, the Box-Benkin method, design parameters, non-uniformity.

Введение

Как показывает анализ широкое распространение у нас и за рубежом получили машины для транспортировки и внесения полужидкого навоза с распределяющими устройствами роторного типа. Такая конструкция распределителя позволяет использовать машину на внесении полужидкого навоза с верхним пределом влажности.

Роторным распределяющим устройствам присущи некоторые недостатки, в частности трудности с герметизацией кузова у дозирующей заслонки, а также неточность и сложность регулирования дозы внесения ввиду того, что выпускное окно в сечении имеет форму, приближенную к квадрату или кругу, что также дает большую погрешность при установке дозы.

Анализируя различные конструкции распределяющих устройств внесения полужидкого навоза, был разработан распределяющий рабочий орган роторного типа с горизонтальной осью вращения и дозирующим устройством, выполненным в виде вытянутого по длине прямоугольника,

что облегчает и упрощает работу механизатора и в меньшей степени сказывается влияние человеческого фактора. Все это в конечном итоге положительно отражается на эффективности распределения полужидкого навоза, а также на производительности агрегата [1].

Для обоснования рациональных конструктивных и кинематических параметров распределяющего рабочего органа необходимо проведение экспериментальных исследований с целью получения математической модели функционирования данного рабочего органа, которая отражает взаимосвязь между основными факторами, оказывающие существенное влияние на качество распределения полужидкого навоза по поверхности поля.

Основная часть

Основным показателем работы распределяющего рабочего органа к машинам для транспортировки и внесения полужидкого навоза является неравномерность внесения удобрений. Экспериментальными исследованиями установлено, что неравномерность распределения полужидкого навоза по поверхности поля зависит от количества лопаток z , угла вылета удобрений φ (регулируется кожухом) и частоты n вращения роторного распределителя.

Основной задачей математического планирования эксперимента является получение статистической модели объекта в виде полинома (уравнения регрессии) чаще всего первой или второй степени [2, 3, 4]. Уравнение регрессии позволит оценить влияние воздействующих факторов – X_i на неравномерность внесения удобрений, характеризующихся коэффициентом вариации – Y :

$$y = b_0 + \sum_i^k b_i x_i + \sum_{i>j}^k b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=j}^k b_{ij} x_i^2, \quad (1)$$

где b_0 – свободный член, равный выходу при $x_i = 0$;

b_i – коэффициенты регрессии соответствующих факторов, указывающие влияние того или иного фактора на изучаемый объект;

x_i, x_j – кодовое обозначение факторов;

b_{ij} – коэффициент регрессии соответствующих факторов двойного взаимодействия.

Чтобы устранить корреляцию между коэффициентами регрессии и трудности в оценке расчетных значений функции отклика, пользуются кодированными значениями факторов [2,3, 4]:

$$X_i = \frac{\bar{x}_i - \bar{x}_{i0}}{\varepsilon_i}, \quad (2)$$

где $\bar{x}_i$ – натуральное значение i -го фактора;

$\bar{x}_{i0}$ – натуральное значение фактора на нулевом уровне;

ε_i – значение интервала варьирования фактора.

$$\varepsilon_i = \frac{\bar{x}_i^e - \bar{x}_i^h}{2}, \quad (3)$$

где $\bar{x}_i^e, \bar{x}_i^h$ – соответственно верхняя и нижняя граница изменения величины $\bar{x}_i$.

Уровни варьирования факторов были выбраны из следующих соображений. Пределы изменения частоты вращения роторного распределителя и угла положения кожуха ротора к горизонту установлены, исходя из агротехнических требований, предъявляемых к сплошному внесению жидких органических удобрений: нижний предел ограничен минимальной шириной внесения удобрений (6 м), а верхний – максимальной (12 м).

Уровни варьирования факторов и кодовые обозначения переменных приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1. – Уровни варьирования факторов и их кодовое обозначение

Фактор	Обозна чение	Размернос ть	Уровни варьирования факторов			Интерв ал варьи рования
			верхний	нулевой	нижний	
			Кодированное обозначение			
			+1	0	-1	
Количество лопаток, (z)	x_1	<i>шт.</i>	5	4	1	1
Угол вылета удобрений(φ)	x_2	<i>град</i>	100	90	80	10
Частота вращения роторного распределителя (n)	x_3	<i>мин⁻¹</i>	600	400	200	200

При проведении однофакторных экспериментов было установлено, что неравномерность внесения удобрений по ширине захвата, в зависимости от исследуемых параметров, изменяется по параболической кривой. Это послужило основанием предположить, что факторное пространство описывается уравнением регрессии в виде полинома второй степени, который имеет следующий вид:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3. \quad (4)$$

Для получения уравнения регрессии второго порядка был проведен анализ по выбору метода математического планирования эксперимента, в результате которого был предложено реализовать некомпозиционный план по методу Бокса-Бенкина [4,5]. Данный план представляет собой определенные выборки строк из полного факторного эксперимента типа 3^k . В указанном плане каждая переменная варьируется всего на трех уровнях: +1, 0, -1, в то время как центральные композиционные ротатабельные планы второго порядка предусматривают использование каждого фактора на пяти уровнях. Смена уровней в процессе экспериментирования усложняет эксперимент и увеличивает его стоимость. Использование некомпозиционных планов, предусматривающих всего три уровня варьирования факторов, упрощает и удешевляет проведение эксперимента. Некомпозиционные планы характеризуются наличием в строках матрицы планирования большого числа нулей, в результате чего существенно упрощается вычисление коэффициентов модели. Кроме этого, некомпозиционные планы для 3 факторов требуют постановки меньшего числа опытов в сравнение с соответствующими ротатабельными центральными композиционными планами второго порядка [6].

По предварительным исследованиям определены коэффициент вариации и повторность опытов. Поскольку отклонение значений коэффициентов вариации не превышает 3σ , была принята трехкратная повторность опытов. Для устранения ошибок (брака) использовали критерий Стьюдента.

Данные по неравномерности дозирования удобрений катушечным дозатором, полученные весовым способом измерений, приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2. – Неравномерность внесения удобрений по рабочей ширине захвата

Номер опыта	Критерий оптимизации				Дисперсия S_j^2
	y_1	y_2	y_3	$\bar{y}_j$	
1	25,44	24,69	22,57	24,23	2,214
2	22,46	25,94	24,12	24,17	3,029
3	18,61	22,05	21,70	20,78	3,594
4	23,83	24,47	22,42	23,58	1,104
5	23,36	22,37	19,75	21,83	3,476
6	26,34	25,12	22,79	24,75	3,261
7	24,54	22,16	20,45	22,38	4,224
8	23,67	23,15	22,15	22,99	0,594
9	20,80	20,43	18,92	20,05	0,989
10	23,89	24,03	19,82	22,58	5,708
11	21,48	25,34	26,64	24,49	7,201
12	25,89	25,38	20,17	23,81	10,039
13	22,21	21,03	19,10	20,78	2,457
14	23,21	21,42	19,48	21,37	3,487
15	23,23	21,73	20,63	21,87	1,704
Σ					53,081

Кохрена:

$$G_j = \frac{\max(S_j^2)}{\sum_{j=1}^N S_j^2}, \quad j = 1, \dots, N \quad (5)$$

где $\max S_i^2$ – максимальная выборочная дисперсия в N выборках;

S_j^2 – выборочная дисперсия в j -ом опыте;

N – число опытов (число выборок);

j – текущий номер опыта.

Выборочную дисперсию в каждой выборке:

$$S_j^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_{ji} - \bar{y}_j)^2}{n-1}, \quad (6)$$

где y_{ji} – значение параметра оптимизации в j -ом опыте и i -ом дубле;

i – текущий номер дубля, $1, \dots, n$;

n — число дублей каждого из N опытов;

 $\bar{y}_j$ – выборочное среднее в j -ом опыте.

Среднее арифметическое значение параметра оптимизации для каждой строки:

$$\bar{y}_j = \frac{\sum_{i=1}^n y_{ji}}{n}, \quad j = 1, \dots, N, \quad (7)$$

Для описания математической модели неравномерности дозирования удобрений катушечным дозатором строим матрицу второго порядка по выбранному методу Бокса-Бенкина (табл. 3).

Т а б л и ц а 3. – Матрица плана Бокса-Бенкина

[illegible]

Значения коэффициентов уравнения второго порядка рассчитывали по формулам 8 – 11:

$$b_0 = \frac{1}{n_0} \sum_{n=1}^{n_0} y_{0n} ; \quad (8)$$

$$b_i = A \sum_{n=1}^N X_{in} y_n ; \quad (9)$$

$$b_{ij} = D \sum_{n=1}^{n_0} X_{in} X_{jn} y_n ; \quad (10)$$

$$b_{ii} = B \sum X_{in}^2 y_n + C \sum_{i=1}^k \sum_{n=1}^N X_{in}^2 y_n - \frac{\sum_{n=1}^{n_0} y_{0n}}{N_0 p}, \quad (11)$$

где N_0 – число опытов на нулевом уровне (в данном случае $N_0 = 3$);

y_{0n} – значение параметра оптимизации трех опытов на нулевом уровне факторов (см. № опытов 13-15, таблица 3);

y_n – значение параметра оптимизации в n -й строке матрицы;

X_i – кодированные уровни факторов;

A, B, C, D, p – константы, зависящие от числа факторов, ($A=1/8, B=1/4, C=1/16, D=1/4, p=2$).

В результате проведенных расчетов были получены следующие коэффициенты уравнения: $b_0 = 21,34, b_1 = 0,66, b_2 = -1,05, b_3 = -0,67, b_{12} = 0,71, b_{13} = -0,58, b_{23} = -0,80, b_{11} = 1,05, b_{22} = 0,80, b_{33} = 0,59$.

Тогда предварительно уравнение регрессии примет вид:

$$y_{x.k.} = 21,34 + 0,66x_1 - 1,05x_2 - 0,67x_3 + 1,05x_1^2 + 0,80x_2^2 + 0,59x_3^2 + 0,71x_1x_2 - 0,58x_1x_3 - 0,80x_2x_3. \quad (12)$$

Значимость коэффициентов регрессии определяли по следующей формуле:

$$\Delta b_i = \pm t \cdot S_{bi}; \quad (13)$$

где t – табличные значения критерия Стьюдента при заданном уровне доверия α и степени свободы $f = N(n-1)$; (при $\alpha = 0,05, t = 2,042$);

S_{bi} – ошибка определения коэффициентов b_i определяемая по формуле:

$$S_{bi} = \sqrt{S_{bi}^2}, \quad (14)$$

где S_{bi}^2 – дисперсия при определении коэффициентов.

$$S_{b0}^2 = \frac{1}{N_0} S_{y0}^2; \quad (15)$$

$$S_{bi}^2 = A S_{y0}^2; \quad (16)$$

$$S_{bij}^2 = D S_{y0}^2; \quad (17)$$

$$S_{bii}^2 = \left(B_i + \frac{1}{p^2 N_0} \right) S_{y0}^2, \quad (18)$$

где S_{y0}^2 – среднеквадратическая дисперсия трех опытов на нулевом уровне (дисперсия воспроизводимости эксперимента);

B_1 – константа, зависящая от числа факторов ($B_1 = 13 / 48$).

$$S_{y0}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_{n0} - \bar{y}_0)^2}{N_0 - 1}, \quad (19)$$

где $\bar{y}_0$ – среднее значение параметра оптимизации трех опытов на нулевом уровне факторов.

В результате расчетов получили:

$S_{b0}^2 = 0,098$; $S_{b0} = 0,313$; $S_{bi}^2 = 0,037$; $S_{bi} = 0,192$; $S_{bij}^2 = 0,074$; $S_{bij} = 0,271$; $S_{bii}^2 = 0,079$; $S_{bii} = 0,282$. Тогда $\Delta b_0 = 0,640$, $\Delta b_i = 0,392$, $\Delta b_{ij} = 0,554$, $\Delta b_{ii} = 0,576$.

Следовательно, все коэффициенты регрессии значимы, так как:

$$\begin{aligned} \Delta b_0 &= 0,640 < |b_0| = 21,34, & \Delta b_1 &= 0,392 < |b_1| = 0,66, & \Delta b_2 &= 0,392 < |b_2| = 1,05, \\ \Delta b_3 &= 0,392 < |b_3| = 0,67, & \Delta b_{12} &= 0,554 < |b_{12}| = 0,71, & \Delta b_{13} &= 0,554 < |b_{13}| = 0,58, \\ \Delta b_{23} &= 0,554 < |b_{23}| = 0,80, & \Delta b_{11} &= 0,577 < |b_{11}| = 1,05, & \Delta b_{22} &= 0,577 < |b_{22}| = 0,80, \\ \Delta b_{33} &= 0,577 < |b_{33}| = 0,59. \end{aligned}$$

Таким образом, по результатам расчета было получено уравнение регрессии второго порядка, в котором все коэффициенты регрессии значимы, соответственно уравнение (12) будет окончательным.

Анализ полученного уравнения показывает, что неравномерность дозы внесения зависит от количества лопаток, угла вылета удобрений и частоты вращения роторного распределителя.

Следующим этапом работы, является проверка математической модели на адекватность.

Адекватность уравнения регрессии оценивают по критерию Фишера F , однако по плану Бокса-Бенкина допустимость применения полиномиальной модели можно делать на основании анализа расчетной среднеквадратичной дисперсии без проверки математической модели на адекватность [6]. Дело в том, что по критерию Фишера возможна такая ситуация, в которой модель неадекватна из-за малой ошибки эксперимента (прецизионный лабораторный эксперимент) или наоборот, когда модель является адекватной, а ошибка эксперимента очень велика (грубый эксперимент). В том и другом случае экспериментатор будет не удовлетворён такой моделью. Поэтому к использованию такой модели необходимо подходить очень осторожно. Таким образом, методика планирование эксперимента Бокса-Бенкина допускает следующее условие: если среднеквадратичное отклонение на нулевом уровне $S_{y0} = \sqrt{S_{y0}^2}$ больше расчетной S_{AU} , то модель можно считать адекватной.

Расчетное среднеквадратичное отклонение определяется по формуле:

$$S_{AU} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^k (\bar{y}_j - y_j^p)^2}{k-1}}, \quad (20)$$

где $(\bar{y}_j - y_j^k)$ – разность между средним опытным и расчетным значениями параметра оптимизации;

k – число опытов ($k = N - N_0 - 1$).

Расчетное значение параметра y в j -ом опыте рассчитывается по формуле:

$$\begin{aligned} y_j^p &= b_0 + b_1 X_{1n} + b_2 X_{2n} + b_3 X_{3n} + b_{11} X_{1n}^2 + b_{22} X_{2n}^2 + b_{33} X_{3n}^2 + \\ &+ b_{12} X_{1n} X_{2n} + b_{13} X_{1n} X_{3n} + b_{23} X_{2n} X_{3n} \end{aligned} \quad (21)$$

Результаты расчетов приведены в таблице 4. Согласно полученным результатам можно сделать вывод о том, что полученное уравнение регрессии второго порядка адекватно, так как среднеквадратичное отклонение на нулевом уровне больше расчетной (табл. 4):

$$|S_{y0}| > |S_{AU}|, \quad 0,543 > 0,451.$$

Т а б л и ц а 4. – Расчет выхода системы по уравнению регрессии для $\bar{y}$

Номер опыта	$\bar{y}$	y_j^p	$(\bar{y}_j - y_j^p)^2$	Вывод
1	24,23	23,51	0,523	$S_{y0} > S_{\Delta U}$, следовательно, уравнение регрессии второго порядка адекватное.
2	24,17	24,19	0,000	
3	20,78	20,77	0,000	
4	23,58	24,30	0,523	
5	21,83	22,39	0,318	
6	24,75	24,89	0,021	
7	22,38	22,24	0,021	
8	22,99	22,43	0,318	
9	20,05	20,21	0,025	
10	22,58	23,16	0,334	
11	24,49	23,91	0,334	
12	23,81	23,66	0,025	
13	$\bar{y}_0 = 21,34$	21,34	0	
Σ			2,441	
$S_{y0}^2 = 0,294$			$S_{\Delta U}^2 = 0,203$	
$S_{y0} = \pm 0,543$			$S_{\Delta U} = \pm 0,451$	

Для получения функции отклика в зависимости от натуральных значений факторов декодируем уравнение регрессии (12). Для этого найдем натуральные значения факторов, используя формулы (2) и (3).

Фактор количества лопаток:

$$x_1 = \frac{z - 4}{1};$$

фактор угла положения кожуха к горизонту:

$$x_2 = \frac{\varphi - 90}{10};$$

фактор частоты вращения роторного распределителя:

$$x_3 = \frac{n - 400}{200}.$$

Подставив в уравнение (12) натуральные значения факторов x_1 , x_2 , x_3 получим функцию отклика в натуральных показателях

$$\begin{aligned} \nu_{x.k.} = & 21.34 + 0.66z - 1.05\varphi - 0.67n + 1.05 \cdot z^2 + 0.80 \cdot \varphi^2 + \\ & + 0.59 \cdot n^2 + 0.71z\varphi - 0.58zn - 0.80\varphi n. \end{aligned} \quad (22)$$

На рис. 1а и рис. 3а представлены поверхности отклика, характеризующие зависимость неравномерности внесения по ширине захвата от значимых факторов.

Поиск оптимальных условий исследуемого процесса при небольшом числе влияющих факторов можно упростить, анализируя поверхность отклика в области оптимума графоаналитическим способом с помощью двумерных сечений. Двумерные сечения позволяют получить представление о влиянии каждой пары факторов на параметр оптимизации. Исходное уравнение регрессии в этом случае сводят к уравнению с двумя факторами, стабилизируя другие на основном уровне (рис. 1б – 3б).

Вытянутость эллипса показывает преобладание одного фактора над другим, о степени влияния его на показатель неравномерности внесения удобрений. Анализ двумерных сечений показывает, что центры эксперимента находятся в исследуемой зоне, и расчетные данные согласуются с экспериментальными, что позволяет установить оптимальные параметры для различных сочетаний факторов [7].

Полужидкий навоз

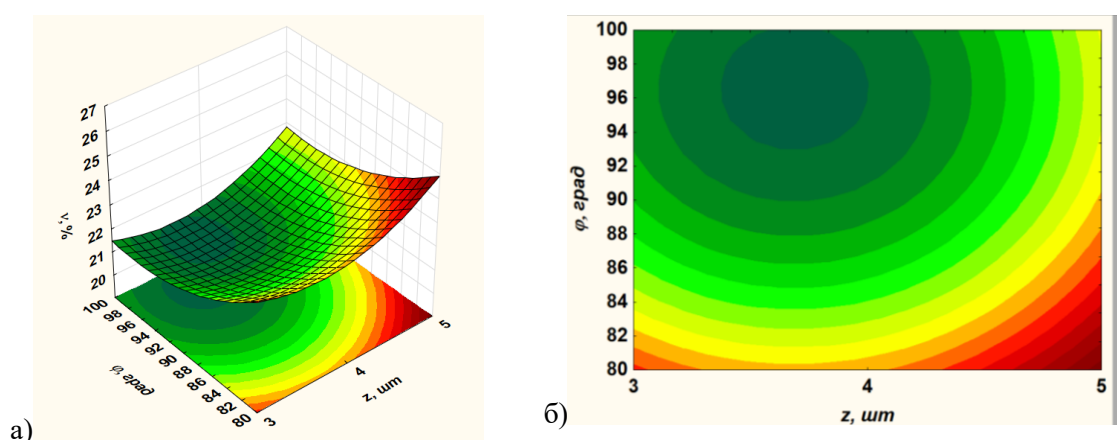


Рис. 1. Поверхность отклика и ее двумерное сечение $\nu = f(\varphi; z)$

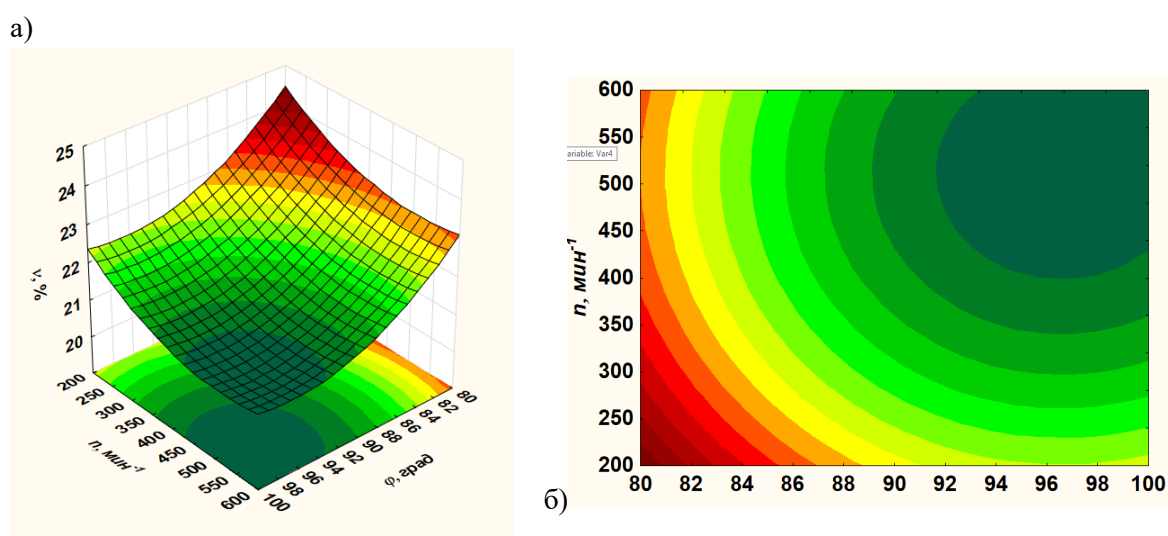


Рис. 2. Поверхность отклика и ее двумерное сечение $\nu = f(\varphi; n)$

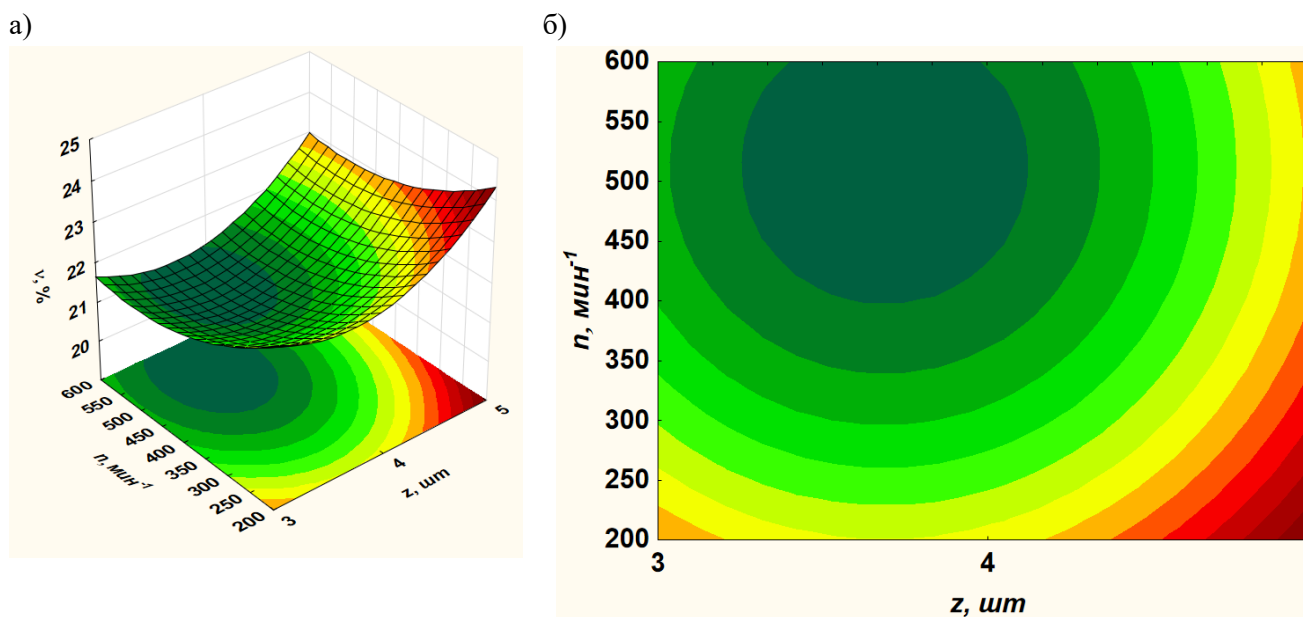


Рис. 3. Поверхность отклика и ее двумерное сечение $\nu = f(n; z)$

Для определения значений факторов, при которых функция (12) достигает экстремума (в данном случае минимума), необходимо взять частные производные по x_i и, приравняв к нулю, решить полученную систему уравнений:

$$\begin{cases} \frac{\partial y}{\partial x_1} = 0,66 + 2,1x_1 + 0,71x_2 - 0,58x_3; \\ \frac{\partial y}{\partial x_2} = -1,05 + 1,6x_2 + 0,71x_1 - 0,80x_3; \\ \frac{\partial y}{\partial x_3} = -0,67 + 1,18x_3 - 0,80x_2 + 0,58x_1. \end{cases} \quad (23)$$

Выводы

Согласно проведенному анализу, рациональными параметрами роторного распределителя, при которых обеспечивается минимальная неравномерность дозы внесения по ширине захвата в заданном интервале частоты его вращения, являются следующие значения: $z=4 \text{ мкм}$, $\square\varphi = 100 \text{ град}$. Таким образом, мы определили значения факторов, при которых обеспечивается дозирование удобрений роторным распределителем с наименьшим коэффициентом вариации. При таких параметрах коэффициент вариации составит $\nu = 5,62 - 2,99 \%$, что значительно ниже, чем допускается агротехническими требованиями.

Следовательно, результаты исследований роторного распределителя свидетельствуют, что обоснованные параметры и режимы работы обеспечивают выполнение агротехнических требований к внесению полужидких органических удобрений по поверхности поля.

Список использованных источников

7. Бегун, П.П. О совершенствовании дозирующего устройства машины МПН-16 / Бегун П.П. Рассошенко К.М. / Материалы международной научно-практической конференции «Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве», (Минск, 18 –20 октября 2017 г), т 1, – С.113–117.
8. Мельников, С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Рощин // Учебное пособие. – Ленинград : Колос, 1972. – 199с.
9. Налимов, В.В. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов / В.В. Налимов, Н.А. Чернова // – М. «Наука» 1965. – 338с.
10. Хайлис, Г.А. Исследования сельскохозяйственной техники и обработка опытных данных / Г.А. Хайлис, М.М Ковалев// – М. : Колос, 1994. – 169 с.
11. Каледина, Н. Б. Влияние параметров печатного процесса на липкость краски / Н. Б. Каледина, Д. М. Медяк // Труды БГТУ, Сер. IX, Издат. дело и полиграфия. — 2011. — Вып. XV.— С. 23–27.
12. Христофорова, И.А. Проведение активного эксперимента при разработке состава шихты для производства керамических изделий: Метод.указания к лабораторным занятиям по дисциплине «Статистические методы исследования шихт в стекольной промышленности» / И.А. Христофорова. – Владим. гос. ун-т; Владимир, 2000. – 24 с.

В. В. Азаренко
*Президиум НАН Беларуси,
Минск, Беларусь,
e-mail: azarenko@presidium.bas-net.by*

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК

В соответствии с целью инновационного развития Республики Беларусь формирование нового сельского хозяйства должно осуществляться на основе информационных технологий управления и ведения сельского хозяйства. При этом широкое развитие и поэтапное внедрение должно получить точное земледелие, интеллектуальное животноводство и ветеринарная медицина, мехатроника и автоматизированные комплексы машин и оборудования для получения сельскохозяйственной продукции и производства продовольствия. Это позволит обеспечить создание инновационной, конкурентоспособной на мировом рынке, ресурсосберегающей экономики АПК, обеспечивающей устойчивое развитие отрасли, повышение уровня и качества жизни населения.

Ключевые слова: фундаментальные и прикладные исследования, сельское хозяйство, автоматизированный комплекс, создание инновационной и конкурентоспособной экономики.

V. V. Azarenko
*Presidium of the NAS of Belarus,
Minsk, Belarus,
e-mail: azarenko@presidium.bas-net.by*

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF FUNDAMENTAL AND APPLIED RESEARCH IN THE FIELD OF AGRICULTURAL SCIENCES

In accordance with the goal of innovative development of the Republic of Belarus, the formation of a new agriculture should be carried out on the basis of information technologies for management and agriculture. At the same time, precision farming, intelligent animal husbandry and veterinary medicine, mechatronics and automated complexes of machines and equipment for obtaining agricultural products and food production should receive wide development and phased implementation.

This will ensure the creation of an innovative, competitive in the world market, resource-saving economy of the agro-industrial complex, ensuring sustainable development of the industry, increasing the level and quality of life of the population.

Keywords: fundamental and applied research, agriculture, automated complex, creation of an innovative and competitive economy.

Основные направления фундаментальных и прикладных наук в области сельского хозяйства

В области развития научно-инновационного потенциала обеспечения национальной продовольственной безопасности:

- развитие инновационных технологий, обеспечивающих производство продуктов питания путем глубокой переработки растительного и животного сырья на основе новых технологий, включая такие как селективные, мембранные, биохимические, микро-биологические, термохимические и другие технологии;
- инновационные технологии производства национальных видов высококачественной мясной и молочной продукции;
- развитие индустрии профилактического и функционального питания, которая включает такие элементы как:
- конструирование заданного состава продуктов с использованием принципов обогащения и элиминации – целенаправленного удаления в ходе осуществления технологического процесса вредных, балластных соединений;

- формирование сельскохозяйственного сырья с заданными функционально-технологическими свойствами;
- создание продуктов питания с повышенной нутриентной адекватностью, обеспечивающей поддержание активной жизнедеятельности организма, в том числе функционального и оздоровительного действия с учетом индивидуальных особенностей человека и методологии персонализированного питания.

Необходимо обеспечить перевод на информационные технологии:

- формирование моделей управления качеством пищевой продукции на стадии проектирования;
- разработку и внедрение нормативной базы, обеспечивающей регулирование безопасности пищевой продукции;
- высокочувствительные методы контроля пищевых продуктов в соответствии с передовыми мировыми требованиями;
- технологии производства продукции животного происхождения для обеспечения пролонгации ее сроков годности, в том числе для использования в аддитивных технологиях;
- селекцию заквасочных культур, конструирование штаммов молочнокислых бактерий с заданными свойствами;
- другое.

Селекция и воспроизводство сельскохозяйственных растений и животных

Использование информационных технологий, при создании новых сортов и гибридов сельскохозяйственных растений, позволит обеспечить широкое применение новых генетико-биотехнологических методов: рекомбиногенеза, индуцированного мутагенеза, отдаленной гибридизации, стабилизации генома, идентификации ценных форм с помощью биохимических (белковые маркеры) и ДНК-маркеров и сократить отдельные этапы селекционного процесса в 1,5–2 раза, а также создаст возможность совмещения на более высоком уровне хозяйственно ценных признаков (урожайность, зимостойкость, устойчивость к основным болезням, скороплодность и качество плодов).

Планируется дальнейшее развитие селекции гибридов *F1* на основе систем ЦМС (цитоплазматическая мужская стерильность), а также разработка технологии генетической инженерии с целью создания качественно нового генофонда по основным приоритетным направлениям селекции растений, позволяющего максимально реализовать генетический потенциал растений в конкретных почвенно-климатических зонах и стрессовых факторах среды;

Безусловно, будет продолжена разработка новых и усовершенствование существующих методов классической селекции для создания новейших генотипов разводимых пород сельскохозяйственных животных.

Также будет продолжаться работа по следующим направлениям:

- применение современных селекционно-генетических и биотехнологических методов создания конкурентоспособных пород, типов, кроссов, линий сельскохозяйственных животных, адаптированных к условиям промышленной технологии;
- биотехнологических приемов и методов создания профиля микробного сообщества (бактерий, архей, грибов) на основе изучения и модификации ДНК-структуры микробной экосистемы и выявления микроорганизмов, оказывающих непосредственное влияние на продуктивность животных;
- биотехнологий создания животных с изменёнными признаками на основе разработки новых приёмов и принципов генного конструирования, а также доставки рекомбинантной ДНК для целей широкого использования генетически модифицированных организмов в агропромышленном производстве, фармакологии, медицине и пищевой промышленности.

Ветеринарная безопасность

Достижения мировой науки в области нанотехнологий, химфарм-синтеза и биотехнологий будут положены в основу научных разработок принципиально новых средств профилактики и терапии инфекционных, незаразных и паразитарных заболеваний животных, как текущих, так и прогнозируемых.

Новые поколения ветеринарных препаратов, субстанций и активно действующих веществ, создаваемых на основе биологических объектов и генно-модифицированных микроорганизмов с использованием ДНК-технологий, будут иметь более высокую иммунологическую, лечебную и профилактическую эффективность и включать иммуномодуляторы, пробиотики, пребиотики, наночастицы.

Предполагается конструирование и широкое использование для ветеринарной медицины новых композиционных материалов на основе металлов, нано- и микроструктурированных материалов.

Планируется расширить исследования в области конструирования и выращивания вне организма клеток, функциональных тканей или органов.

Информационные технологии управления и ведения сельского хозяйства, точное земледелие и животноводство

В области экономики и организации сельскохозяйственного производства будут расширяться экономические исследования и научные обоснования комплекса организационно-экономических мер по стабилизации положения и создания эффективных условий функционирования предприятий агропромышленного комплекса.

В этой связи будут постоянно актуализироваться стратегии формирования конкурентоспособного на мировом рынке и экологически безопасного производства сельскохозяйственных продуктов:

- на среднесрочную перспективу – обеспечение стабильного, а затем устойчивого развития и достижения безубыточности сельскохозяйственного производства на основе повышения его научно-технического потенциала, внедрения безотходных и экологически безопасных технологий со снижающим режимом потребления ресурсов;
- на долгосрочную перспективу – создание прибыльного агробизнеса, основанного на самокупаемости и самофинансировании, повышение конкурентоспособности национальной продовольственной системы, достижение уровня урожайности сельскохозяйственных культур и продуктивности скота, сопоставимых с аналогичными показателями в европейских странах.

Последствия изменения климата оказывают существенное влияние на сельское хозяйство, которое в значительной степени зависит от погодных и климатических условий. Влияние глобального изменения климата, из-за отсроченных последствий выбросов парниковых газов, в ближайшие десятилетия будет увеличиваться. Поэтому нет иного выбора, кроме принятия адаптационных мер для смягчения неизбежных климатических воздействий и их экономических, экологических и социальных издержек.

Например, изменения климатических условий в Республике Беларусь повлекли за собой определенные перемены в фитосанитарной обстановке, что способствовало мутации обычных для территории страны вредных организмов и появлению новых, ранее не представлявших практической опасности.

Результаты анализа свидетельствуют о постепенном увеличении (в будущем) доли наиболее уязвимых и сильноуязвимых почв к засухам и засушливым явлениям. Эта тенденция затронет, в первую очередь, южные и, частично, центральные регионы Беларуси со значительной долей легких минеральных и осушенных почв.

Применение согласованных и гибких подходов к адаптации и внедрение соответствующих мер окажется, в конечном счете, дешевле, чем плата за издержки из-за несвоевременной или неэффективной адаптации. При этом каждое из мероприятий по адаптации предполагает комплекс научных исследований с прогнозом результатов в условиях изменяющейся среды.

Разработка и внедрение новых ресурсосберегающих информационно-управляемых технологий, с учетом изменяющихся климатических условий возделывания сельскохозяйственных культур, производства молока и мяса является важным условием обеспечения устойчивости сельского хозяйства и будет способствовать повышению конкурентоспособности продукции за счёт экономного расходования всех видов ресурсов.

Для их реализации должна быть разработана научно обоснованная и адаптированная к определенным условиям система поддержки принятия адекватных решений, использующая приборы спутниковой навигации, ГИС-средства, данные дистанционного зондирования Земли, робототехнические устройства сельскохозяйственного назначения, программное и техническое обеспечение для управления технологическими процессами.

Система управления производством сельскохозяйственной продукции, построенная на вертикальных и горизонтальных принципах обмена информацией и анализе большого количества факторов, позволит оперативно в автоматическом режиме оптимизировать производственные операции в соответствии с меняющимися технологическими и экономическими требованиями, довести до минимума возможность применения низкоэффективных или ошибочных управленческих решений.

При этом предполагается создать многовариантные технологические процессы поточного производства для каждой агроклиматической зоны.

В этом направлении предполагается поэтапно решать следующие задачи:

- разработать информационное обеспечение эффективного и экологически безопасного землепользования с применением ГИС-технологий и созданием специализированных баз данных,

- оценочных шкал, нормативов и других материалов, объективно отображающих агроэкологическое состояние почв в растениеводстве;
- оценить устойчивость почв к антропогенному воздействию и установление нормированной нагрузки на почвы, что необходимо для выбора стратегии их использования с целью получения максимально возможной продуктивности и наиболее эффективного использования почвенных запасов элементов питания;
- определить дозы внесения минеральных удобрений, с учетом потребностей сельскохозяйственных культур;
- мониторинг фитосанитарного состояния сельскохозяйственных культур;
- оценить степень повреждения сельскохозяйственных культур вследствие неблагоприятных факторов;
- прогноз урожайности сельскохозяйственных культур.

Задачи в животноводстве:

- определить оптимальное количество показателей, отражающих физиологическое состояние и продуктивность животных, а также периодичность их оценки на различных стадиях физиологического и производственного цикла для автоматизированных технологий по управлению воспроизводством, зооветеринарному обслуживанию и бонитировке животных с обработкой и предоставлением данных в электронном виде;
- разработать структуры и организационные принципы системы бесконтактного дистанционного контроля живой массы, промеров и поведения животных, условий их содержания, включающей биологические требования к программно-аппаратным средствам их автоматической оценки;
- разработать зоотехнические требования к комплексу датчиков мониторинга физиологического состояния, показателей продуктивности, микроклимата и программно-аппаратным средствам обеспечения их автоматического функционирования;
- разработать роботизированные средства для приготовления и раздачи кормосмесей, обеспечивающих автоматизированную оценку качества кормов и корректировку кормосмесей с возможностью дозирования питательных компонентов;
- разработать технологические схемы и алгоритмы функционирования автоматизированной системы управления формированием и движением производственных групп с учетом физиологического состояния, продуктивности и ритма производственного процесса;
- определить задачи аппаратной структуры интеллектуальных цифровых систем управления, интегрирующих локальные модули контроля физиологического состояния, управления микроклиматом, анализа продуктивности и племенной ценности, роботизированного доения и кормления в единый автоматизированный централизованный блок управления.

Системы и комплексы сельскохозяйственных машин и оборудования

Важным условием развития отраслей сельскохозяйственного производства является создание и серийное производство инновационной техники и оборудования для реализации перспективных технологий на основе применения автоматизированных и роботизированных систем, принципиально новых рабочих органов, обеспечивающих рациональное взаимодействие рабочих органов с биологическими объектами – почвой, растениями, животными.

Требуется научное обоснование критериев для оптимизации и показателей эффективности комплектования и использования машинно-тракторных агрегатов в системе «точного земледелия и животноводства», автоматизации процессов учета и формирования машинных технологий, разработке научных основ применения «технического зрения» и беспилотных комплексов агрегатов.

А.Н. Перепчаев, Е.Л. Жилич
*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь*

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕНОСНОЙ УСТАНОВКИ АКТИВНОГО ВЕНТИЛИРОВАНИЯ ЗЕРНА И ЗЕРНОВОГО ВОРОХА ДЛЯ ХРАНЕНИЯ НА СКЛАДАХ АМБАРНОГО ТИПА И ПРИ ВРЕМЕННОМ ХРАНЕНИИ НА ПЛОЩАДКАХ

В статье проведен расчет технологических параметров оборудования для активного вентилирования зерна и семян.

Ключевые слова: зерно, семена, зерновой ворох, самосогревание, потери зерна, активное вентилирование, хранение.

A.N. Perepechaev, E.L. Zilich
*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»
Minsk, Republic of Belarus*

REDUCTION OF LOSS OF GRAIN AND GRAIN PORROW DURING STORAGE IN AMBER BARS AND AT TEMPORARY STORAGE ON AREAS.

The article analyzes the causes of losses of grain and seeds during storage, and justified the need to create equipment to ensure active ventilation of grain and grain heaps during storage.

Keywords: grain, seeds, grain pile, self-heating, grain loss, active ventilation, storage.

Введение

Надежность и эффективность хранения сухих зерновых масс привела к широкому распространению (в процессе сушки зерна) различных методов для снижения влажности перед закладкой на хранение. Обычно влагу удаляют, применяя следующие способы сушки:

- тепловая сушка в зерносушилках различных конструкций, в которых в качестве агента сушки применяется смесь топочных газов с воздухом, имеющая высокую температуру – это наиболее эффективный и производительный способ сушки, однако дорогостоящий (на сушку 1 т сырого зерна расходуется около 10 л дизельного топлива);

- сушка активным вентилированием с использованием нагретого или сухого атмосферного воздуха с низкой относительной влажностью – эффективна технологически и экономически;

- воздушно-солнечная сушка с применением солнечной радиации; целесообразна для небольших партий семян, когда требуется снижение их влажности на 1–3 %, способствует послеуборочному дозреванию, кроме того, солнечные лучи губительно действуют на микроорганизмы – это самый дешевый способ сушки;

- химическая сушка с применением сорбентов (например, сульфата натрия), хорошо поглощающих влагу из семян бобовых культур, склонных к растрескиванию – ее применение ограничено.

Обязательным условием применения любого способа сушки является сохранение всех технологических качеств зерна, а в посевном материале – его жизнеспособности. Наряду с максимальным технологическим эффектом сушка должна быть организована наиболее экономично.

Основная часть

Обработка зерна воздухом основана на использовании скважистости зерновой массы, наличия многочисленных межзерновых пространств, соединенных друг с другом воздушными каналами разнообразного сечения и длины. Межзерновые пространства образуют в зерновой массе воздухопроводящую систему, по которой воздух или газы могут перемещаться по всему ее объему в

любом направлении. Поток воздуха оказывает воздействие на температуру и влажность зерна, изменяет газовый состав воздуха межзерновых пространств, т.е. воздействует именно на те факторы, от которых, в первую очередь, зависит уровень жизнедеятельности и сохранность зерновой массы. От скважистости зерна зависят сопротивление воздушному потоку, равномерность обработки, высота насыпи семян на установке и тип вентилятора. Так, сопротивление воздушному потоку при вентилировании семян льна, проса, клевера и других мелкосеменных культур в 3–5 раз больше, чем семян пшеницы.

Растет сопротивление воздушному потоку при увеличении высоты насыпи зерна и, особенно, при увеличении количества подаваемого воздуха. По данным Дж. Крейгера [1], при удельной подаче воздуха $100 \text{ м}^3 / (\text{т} \cdot \text{ч})$, сопротивление воздушному потоку при высоте насыпи зерна 1 м составляло 10 мм водяного столба, а $500 \text{ м}^3 - 65 \text{ мм}$. При насыпи 3 м соответственно 20 и 140 мм. Существенное влияние на сопротивление оказывает засоренность.

Увеличение сопротивления воздушному потоку повышает расход электроэнергии и денежные затраты на работу вентилятора. Низконапорные осевые вентиляторы не могут обеспечить хорошей обработки высоких насыпей зерна при большом расходе воздуха, но являются наиболее экономичными при вентилировании низких насыпей.

Центробежные вентиляторы могут создавать большое давление воздуха и используются при обработке таких масс зерна, когда надо преодолеть большое сопротивление. Обработка семян воздухом основана и на таких их физических свойствах, как теплоемкость и теплопроводность. Зная удельную теплоемкость зерна и воздуха, можно подсчитать количество воздуха, необходимого для охлаждения (подогрева), а также продолжительность обработки насыпи. Потребное количество воздуха $(v, \text{ м}^3)$ при заданной разнице температур $(t_1 - t_2)$.

В основе расчета удельного расхода воздуха и продолжительности вентилирования лежит уравнение теплового баланса, согласно которому количество отбираемой от зерновой массы теплоты ΔQ_z равно дополнительному количеству теплоты ΔQ_v , сообщаемой воздуху и выносимой им из зерновой насыпи, при понижении температуры зерна от начального значения t_z^H ($^{\circ}\text{C}$) до конечного t_z^K ($^{\circ}\text{C}$), при одновременном повышении температуры воздуха от начального значения t_v^H до конечного t_v^K , т. е.

$$\Delta Q_z = \Delta Q_v, \quad (1)$$

или при дополнительных условиях: $t_z^H = t_v^K$, $t_z^K = t_v^H$ и $\Delta t = (t_z^H - t_z^K) = (t_v^K - t_v^H)$, соответственно:

$$M_z c_z \Delta t = V_v \rho_v c_v \Delta t, \quad (2)$$

где M_z и V_v – масса зерна (кг) и объем воздуха (м^3) нагнетаемого в зерновую массу;

c_z и c_v – соответственно, удельная теплоемкость зерна (с достаточной точностью определяемая из формулы смешения) и воздуха, $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$; при нормальных условиях (т.е. при температуре $T = 273,15 \text{ K}$ и барометрическом давлении $B = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ Па}$) $c_v = 1,004 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$;

ρ_v – плотность воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$ (при нормальных условиях $\rho_v = 1,293 \text{ кг}/\text{м}^3$).

Преобразовав последнее выражение относительно V_v , получим:

$$V_v = \frac{M_z c_z \Delta t}{\rho_v c_v \Delta t} = M_z \frac{c_z}{\rho_v c_v} = M_z \frac{c_z}{c'}, \quad (3)$$

где c' – объемная теплоемкость воздуха, $\text{кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{K})$; при нормальных условиях $c' = c_v \rho_v = 1,004 \cdot 1,293 = 1,298 \text{ кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{K})$.

Необходимый удельный расход воздуха V ($\text{м}^3/\text{т}$), нагнетаемого в зерновую насыпь на вентилирование с целью понижения температуры 1 т зерна до значения температуры воздуха, составит:

$$V = 1000 \frac{V_g}{M_3} = 1000 \frac{c_3}{c'}, \quad (4)$$

Проведём расчёт необходимого количества воздуха для зерна пшеницы (как одной из основных сельскохозяйственной культуры республики, валовой сбор в 2018 году составил 61,2 тыс.т., что составляло порядка 41,5 % от всего валового сбора зерновых), при следующих параметрах:

- влажность $w=21\%$;
- параметры воздуха соответствуют нормальным условиям, $\rho_e = 1,293 \text{ кг/м}^3$;
- объёмная теплоёмкость воздуха $C' = 1,298 \text{ кДж/(м}^3 \cdot \text{К)}$.

Удельная теплоёмкость зерна C_3 , кДж/(кг·К), с учетом удельной теплоёмкости сухого вещества зерна $C_{с.в.}$ и воды C_w , согласно формуле смешения, составляет:

$$c_3 = c_{с.в.} \frac{100 - w}{100} + c_w \frac{w}{100} = 1,55 \frac{100 - 21}{100} + 4,19 \frac{21}{100} = 2,104. \quad (5)$$

Отсюда, необходимый расход воздуха для понижения температуры 1 т зерна до значения температуры воздуха, $\text{м}^3/\text{т}$ составит:

$$V = 1000 \frac{c_3}{c'} = 1000 \frac{2,104}{1,298} = 1621. \quad (6)$$

В реальных условиях производства, в силу неравномерного распределения полей скоростей охлаждающего воздуха, и соответствующего наличия в зерновой массе так называемых застойных зон, охлаждение отдельных участков зерновой насыпи протекает с неодинаковой скоростью. Поэтому для вентилирования всей насыпи, с учетом застойных зон, необходимый расход воздуха должен быть значительно больше теоретического, рассчитанного для идеальных условий. Исходя из этого условия, действующей инструкцией по активному вентилированию зерна, для всех используемых на предприятиях установок активного вентилирования, принята нормативная величина расхода воздуха $V = 2000 \text{ м}^3/\text{т}$.

С учетом этой нормативной величины и фактического удельного расхода воздуха в единицу времени l , $\text{м}^3/(\text{ч} \cdot \text{т})$, обеспечиваемого той или иной установкой, необходимая продолжительность вентилирования τ (ч) с целью охлаждения зерна, определяется из отношения:

$$\tau = 2000/l. \quad (7)$$

Величина фактического удельного расхода воздуха l является функцией следующих основных факторов: характеристик вентиляционной сети установки и вентилятора; толщины слоя, скважистости и соответствующего аэродинамического сопротивления зерновой насыпи.

Режимы вентилирования зерна различных культур в складах с целью снижения их температуры при использовании установок типа СВУ-1 и СВУ-2 приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1. – Режимы вентилирования зерна различных культур в складах

Влажность зерна пшеницы, ржи, ячменя, овса, проса, гречихи, бобовых, %	Удельный расход воздуха, м ³ /(ч·т)		Высота насыпи, м			
			пшеницы, ржи, ячменя, овса, бобовых		проса, гречихи	
	Установки					
	СВУ-1	СВУ-2	СВУ-1	СВУ-2	СВУ-1	СВУ-2
≤16,0	40	35	2,7	3,7	2,3	2,7
>16,0...18,0	50	45	2,5	3,3	1,9	2,5
>18,0...20,0	80	70	1,6	2,9	-	2,0
>20,0...22,0	120	110	-	2,4	-	1,5
>22,0...24,0	210	165	-	1,7		-

Продолжительность вентилирования, напрямую зависящая от величины l , должна отвечать условию сохранения качества зерна. С учетом того, что зерно повышенной влажности и температуры

быстро самосогревается, то при вентилировании стремятся охладить его за максимально короткое время. Сокращения времени вентилирования добиваются увеличением удельного расхода воздуха за счет уменьшения толщины подвергаемого охлаждению слоя зерна. Для достижения большего технологического эффекта, охлаждение зерна рекомендуется проводить в ночное время, когда температура воздуха более низкая и нагрузка на электрическую сеть снижается вследствие сокращения объема других работ.

В условиях временного и длительного хранения зерновые массы и продукты его переработки подвергаются обработке, связанной с необходимостью продувания через них воздуха (или газа, например, инертного). Оказываемое при этом сопротивление зерна (или продуктами его переработки) аэродинамическое сопротивление зависит от толщины слоя l (мм), плотности укладки продукта (скважистости) и скорости воздушного потока V (м/с). Для слоя зерна аэродинамическое сопротивление (Па) с достаточной для практических расчетов точностью можно определить из выражения:

$$P_{cl} = 9,81 \cdot A \cdot t_g \cdot v^n \quad (8)$$

где t_g – толщина слоя в мм, равная высоте насыпи;

v – условная скорость воздуха, отнесенная к незаполненному сечению, м/с;

A и n – коэффициенты, зависящие от физических свойств зерна.

$$P_{cl} = 9,81 \cdot 1,41 \cdot 3000 \cdot 0,5^{1,4} = 16 \text{ м}^2/\text{с}$$

Полученное полное сопротивление P пересчитывают для нормальных условий ($t_0 = 20^\circ\text{C}$, $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$, $B = 101,3 \text{ кПа}$), для которых даны характеристики вентиляторов:

$$P_{н.у.} = P \frac{293}{t_B + 273} \cdot \frac{101,3}{B_p} \quad (9)$$

где t_B – температура воздуха или газа перед входом в вентилятор, $^\circ\text{C}$;

B_p – барометрическое давление, кПа.

Получаем $14,9 \text{ м}^2/\text{с}$.

Мощность электродвигателя вентилятора:

$$N_s = \frac{10^{-3} P_{н.у.} \cdot k \cdot V}{\eta \cdot \eta_n} \quad (10)$$

где V – производительность вентилятора $\text{м}^3/\text{с}$;

k – коэффициент запаса мощности на пусковой момент, принимаем $k=1,1$;

η – КПД вентилятора, определяемый по его характеристике;

η_n – КПД привода с учетом потерь в подшипниках, принимаем $0,98$.

Получаем:

$$N_s = \frac{10^{-3} \cdot 14,9 \cdot 1,1 \cdot 7,5}{0,89 \cdot 0,98} = 1,4 \text{ кВт} \quad (10)$$

Исходя из расчетной объемной подачи воздуха, в соответствии с рис. 1 и техническими характеристиками осевых вентиляторов производим подбор вентилятора.

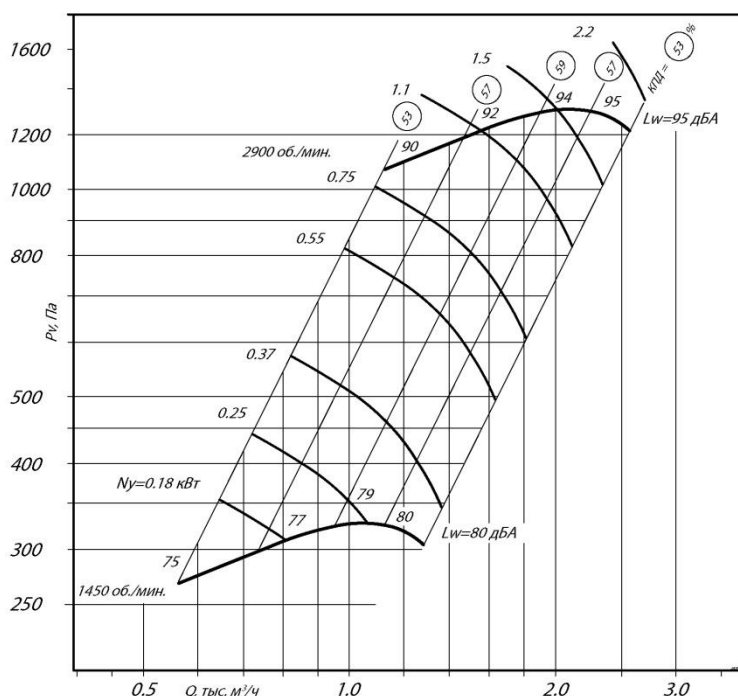


Рис. 1. Аэродинамические характеристики радиального вентилятора типа «Наездник»

Принимаем вентилятор марки ВР 280-46 №2Н со следующими техническими характеристиками:

- мощность привода от 1,5 до 2,5 кВт;
- объемная подача воздуха от 1150 до 1500 м³/ч;
- обороты двигателя 3000 мин⁻¹.
- давление в рабочей зоне, 1000–1300 Па.

Высоту насыпи зерна на складах устанавливают с учетом технического состояния зернохранилища, влажности, засоренности зерна, времени года. Высота насыпи для влажного зерна должна быть не более 2 м. При временном хранении сырого зерна, с влажностью в пределах ограничительных кондиций (см. табл. 1), высота насыпи не должна превышать 1,5 м. При кратковременном хранении зерна влажностью свыше 19 % высота насыпи должна быть не более 1 м. Максимальная высота насыпи допускается только для сухого проса 3 м. [2]

Исходя из этого, выбираем высоту пилонов, с учетом вентилятора 3,2 м.

Диаметр трубы выбираем исходя из необходимого объема воздуха в соответствии с [3]. При условии, что необходимо пропустить от 1300 м³/ч, принимаем диаметр трубы 300 мм.

Для проведения исследований по режимам сушки будем изготавливать два типа вентиляционных установок, расчетными параметрами и параметрами превышающие расчетные. Технические характеристики установки для активного вентилирования приведены в табл. 7.

Т а б л и ц а 2. – Технические характеристики установки для активного вентилирования

	Средняя игла	Большая игла
Общая длина, мм	3300	3300
Длина перфорированной детали, мм	1000	1500
Диаметр отверстия перфорированной части, мм (исходя из размера обрабатываемой культуры)	1,5	1,5
Объем воздуха, м³/ч	1150	2200
Мощность двигателя вентилятора, кВт	1,5	2,2
Полное давление в рабочей зоне, Па	1000-1300	

Режимы работы	Нагнетание-вытяжка
---------------	--------------------

Заключение

Активное вентилирование – один из важнейших технологических приёмов послеуборочной обработки и хранения зерновых масс и является наиболее эффективным и доступным средством удаления из зерновой массы образующегося тепла, предотвращения самосогревания, а также консервации зерна путем охлаждения и подсушивания. Консервация свежесобранного зерна активным вентилированием позволяет в 3–4 раза увеличить срок его безопасного хранения до сушки.

Использовавшиеся в советское время установки для активного вентилирования зерна и семян при хранении – практически все утрачены по различным причинам, а оставшиеся не используются из-за высокой энергоёмкости и неэффективности. В связи с этим возникла острая необходимость создания дешёвых мобильных устройств, которые позволят проводить вентилирование зерна как на площадках открытого типа, перед поступлением в сушилку, так и в складских помещениях для быстрого устранения очагов самосогревания и заражения.

В результате проведенных расчетов, а также основываясь на многолетнем использовании установок для активного вентилирования зерна и семян, обоснованы основные параметры установок. Диаметр отверстия перфорированной части – 1,5 мм, длина перфорированной детали – 1000–1500 мм, объемная подача воздуха – 1500–2200 м³/ч, мощность двигателя вентилятора – 1,5 – 2,2 кВт, полное давление в рабочей зоне – 1000–1300 Па.

Список использованных источников

1. Kreyger, J. Praktische grondslagen voor de bewaring van gemaaidorst graan / J. Kreyger – Jaarb Inst. Bewar. Vervverk. Landb. Prod. 1967, 1968, 73—94.
2. Яровенко, В.Л. Справочник по производству спирта. Сырье, технология и теххимконтроль / В.Л. Яровенко, Б.А. Устинников и др. // М. : Легкая пищевая промышленность. – 1981. – 336с.
3. Расчет систем вентиляции [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.rfclimat.ru/htm/vent_ft.htm– Дата доступа 9.11.2019.

Ф.М. Матмуродов¹, В.В. Голдыбан²

¹Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства
г. Ташкент, Республика Узбекистан
e-mail: matmurodov@yahoo.com

²РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: labpotato@mail.ru

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА ВОРОХА КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ В ПОЧВЕННО- КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

В статье приведены агротехнические требования к картофелеуборочной технологии. Опытным путем определен количественный состав и вес вороха клубней картофеля.

Ключевые слова: клубни картофеля, почвенные комки, камень, состав ворох, трава, мотоблочная копалка, картофелеуборочная машина.

F.M. Matmurodov¹, V.V. Haldyban²

¹Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers
Tashkent, Republic of Uzbekistan
e-mail: matmurodov@yahoo.com;

²Republic of Belarus The SPC «National Academy of sciences of Belarus for mechanization of agriculture»
Minsk, Republic of Belarus
e-mail: labpotato@mail.ru

EXPERIMENTAL QUANTITATIVE STUDY OF THE COMPOSITION OF POTATO STUBBIES IN SOIL-CLIMATIC CONDITIONS OF CENTRAL ASIA

The article contains agricultural requirements for potato harvesting technology. Experience has found the quantitative composition and weight of potato tubers graff.

Keywords: potato tubers, soil lumps, stone, graff composition, grass, motocell, potato harvesting machine.

Введение

Картофель одна из важнейших продовольственных культур его выращивают в 140 странах мира. Мировое производство картофеля с площади 19 млн га составляет 320 млн т.

В Центральноазиатском регионе и Узбекистане картофелеводство является одной из важнейших составных отраслей сельскохозяйственного производства, учитывая, что в определенном объеме население обеспечивает себя корнеплодом самостоятельно.

Мировой опыт показывает, что производство картофеля наиболее эффективно на основе машинных технологий, высокого уровня агротехники и комплекса современных технических средств.

Однако из-за отсутствия внимания в необходимой мере эта отрасль остается наиболее слабо механизированной и низко технологичной.

Основная часть

К уборке картофеля предъявляют следующие агротехнические требования:

- картофель необходимо убирать в сжатые оптимальные сроки, в зависимости от сложившихся погодных условий, наличия средств механизации и трудовых ресурсов;
- ботву убирают за 5–7 дней до выкопки картофеля и впоследствии используют для продовольственных целей, а на семенных участках уборка ботвы должна осуществляться за 7–14 дней;
- высота среза ботвы не должна превышать 20 см, скашивать следует не менее 70 % стеблей;
- сильно развитую зеленую ботву, высотой более 50 см, скашивают и убирают с поля за 1–2 дня до начала уборки;
- клубни должны быть полностью подкопаны, количество незатронутых и оставленных на поверхности клубней не должно превышать 4 %;
- количество поврежденных клубней – с забоинами и неглубокими царапинами – не должно превышать 2 %, порезанных – 1,5 %;
- количество неотделенных от ботвы клубней не должно превышать 5 %, а количество примесей (земли, камней, ботвы) в собранном картофеле – 2 % по массе;
- отклонение от заданной глубины подкапывания в сторону уменьшения допустимо не более чем на 2 см;
- потери клубней не должны превышать 3 % – работе картофелекопателей, и 5 % при комбайновой уборке;
- рабочие органы уборочных машин не должны повреждать клубни;
- картофель с семенных участков необходимо закладывать на хранение без сортировки, а продовольственный же только после сепарации и переборки.

Выбор способа уборки

На тяжелых почвах при повышенной влажности (более 24 %) применяют картофелекопатели КТН-1А, КСТ-1,4 и КТН-2В, которые подкапывают клубни, отделяют их от почвы и укладывают на поле для сбора вручную. Прямое комбайнирование применяют на легких и средних почвах нормальной влажности, а также на участках с урожайностью более 10 т/га, для чего используют комбайны ККУ-2А и КСК-4.

На средних переувлажненных почвах, с влажностью 24...26 %, целесообразно применять раздельный способ уборки. Он заключается в том, что картофелекопатель-валкоукладчик УКВ-2 укладывает клубни в валок, который после подсыхания убирают комбайном, оборудованным подборщиком. В зависимости от погодных условий и урожайности, в валок укладывают клубни из двух, четырех или шести рядков. Ботву при этом способе сбрасывают отдельно от клубней на убранное поле.

На легких и средних почвах с влажностью до 24 % применяют комбинированный способ: клубни с двух или четырех рядков подкапывают картофелекопателем-валкоукладчиком и укладывают в междурядья двух соседних необработанных рядков. Затем образованный валок (2+2 или 2+4) убирают за один проход комбайном, который вместе с выкопкой двух рядков подбирает клубни, уложенные в их междурядье.

Исполнители совместного проекта проводили испытания картофелекопалки на поле «НИИ овощеводства, картофелеводства и бахчевых культур» 2 июля 2019 г. Цель испытания – определить количественный состав вороха и клубней картофеля, твердость почвенного комка. Опыты проводили на условиях:

- тип почвы – типичный серозем;
- сорт картофеля – Санта;
- глубина копания – 25 см;
- температура воздуха – 37 °C .

Испытания проводились мотоблочной копалкой и картофелекопальной машиной (рис.1).



Рис. 1. Уборка урожая мотоблокной копалкой

Результаты исследований

Определены количества комков среди массы картофельных клубней по различным размерам (табл.1). Найдены вес массы вороха и клубней картофеля (табл.2). Твердость комки были слишком крепкая. Не так легче его отделить от состава клубней картофеля.

Т а б л и ц а 1. – Количество комков среди массы картофельных клубней по размерам, на погонно-метровых площадках

Повторнос ть опыта	Количества комков по соответствующим размерам, шт		
	≤ 5 см	≤ 7 см	≤ 10 см
1	25	12	8
2	28	15	12
3	30	12	9
4	22	19	24

Т а б л и ц а 2. – Вес смещенной массы, при уборки картофеля, на погонно-метровых площадках, кг

Клубней картофеля	Комки			Травы	Камни, 2 шт
	≤ 5 см	≤ 7 см	≤ 10 см		
2,855	2,205	3,785	7,2	0,76	0,25

При уборке клубней картофеля попадают мелкие комки, которые перемешиваются с корнеплодами (рис. 2). По объему земляных образований попадает около 20 %, крупные и средние комья почвы остаются на движущихся платформах.

Помимо камней и почвенных примесей, в процессе уборки картофеля, попадает до 20–40 % травяных масс. С целью более тщательной уборки урожая, необходимо улучшить работы травоботво-отделителя уборочной машины.



Разбрасывания вороха и клубней картофеля



Разделения комки по фракциям: камни и клубни картофеля

Рис. 2. Картофельные массы на пленке

Заключение

- травы достаточно сильно затрудняют сбору урожая картофеля, а значит необходимо принять меры по усовершенствованию конструкции машины, с целью улучшения качества сбора корнеплодов;
- до 20 % комков могут быть сломаны в процессе сортировки, ломка же остальных может привести к повреждению клубней картофеля;
- нами сделаны рациональные принципиальные схемы картофелеуборочной машины, которые частично решают отделения вороха от основного урожая;
- проведением совместных исследований белорусских и узбекских ученых-специалистов, планируется усовершенствовать конструкцию по сбору и сортировке корнеплодов, что позволит решить проблему некачественного отделения вороха от клубней картофеля в послеуборочном периоде.

**А.Н. Перепечаев¹, Е.В. Кислов¹,
В.П. Чеботарев², А.Д. Чечеткин², А.Н. Басаревский²**

¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

¹УО «БГАТУ»

г. Минск, Республика Беларусь

ОБОСНОВАНИЕ УПРОЩЕННОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОТДЕЛЯЕМОСТИ ЛЬНОТРЕСТЫ

В статье проведена зависимость показателя отделяемости льнотресты от умина, установлена возможность использования показателя умина для определения отделяемости льнотресты и получена математическая модель зависимости отделяемости льнотресты от умина.

Ключевые слова: льноволокно, отделяемость, умин, технология, оценка показателей, зависимость.

**A.N. Perepechaev¹, E.V. Kislov¹,
A.D. Chechetkin², A.N. Bassarevskiy², V.P. Chebotarev²**

¹RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»

Minsk, Republic of Belarus

²Educational Institution Belarusian State Agrarian Technical University

SUBSTANTIATION OF THE SIMPLIFIED METHOD FOR DETERMINING SEPARABILITY OF FLAX TRESS

The article shows the dependence of the indicator of separability of flax trusts on amin, establishes the possibility of using the indicator of amin to determine the separability of flax trusts, and a model is obtained.

The article analyzes the supply of long and short flax fiber to the Orsha Linen Plant RUPTP, examines the state of flax plants involved in the primary processing of flax and suggests ways out of this situation.

Keywords: flax fiber, production line, RUPTE “Orsha Flax Plant”, technology, equipment, production, productivity, average number.

Введение

Льняное волокно является наиболее ценным сырьем для легкой промышленности, которое благодаря совмещению ряда присущих только ему свойств не может быть заменено другими видами натуральных волокон. Льняные волокна прямые, а в поперечном сечении многоугольные. Благодаря своей длине, они могут выпрямываться в более тонкие нити, чем хлопковые волокна. Кристаллиты целлюлозы у льна более ориентированы, чем у хлопка и прочнее на разрыв, а растяжимость их меньше [1].

Основной задачей механических процессов в первичной обработке льна является получение технического волокна. Это достигается за счет разрушения конструкции стебля, нарушения связи между волокном и древесиной в результате механической обработки стеблей тресты. В стеблях тресты связь между волокнистыми пучками и окружающими тканями предварительно ослаблена в основном биологической обработкой.

Такие методы механического воздействия, как растяжение, продольное сжатие и скручивание, невозможно использовать для разрушения стеблей, поскольку при этих деформациях не нарушается связь между волокнистой частью стебля и древесиной. Для рационального разрушения стеблей используют только их поперечное сжатие и изгиб-излом. С учетом линейной плотности слоя сырца,

частоты вращения трепальных барабанов (при наличии информации о величинах показателей отделяемости, диаметра и влажности стеблей) производится настройка оборудования для первичной переработки льна, выбирается рациональная скорость перемещения зажимного транспортера. Однако определение некоторых показателей является весьма трудоемким и длительным процессом. Одним из показателей, оказывающим влияние на процесс первичной переработки льнотресты, является отделяемость костры от льноволокна.

Основная часть

В настоящее время показатель отделяемости льнотресты определяется следующим образом. Определение отделяемости волокна от древесины производят на приборе ООВ.

При определении отделяемости необходимо поддерживать допустимую при анализах влажность тресты (16–20 %) [2].

От каждой отобранной (из 10 горстей) тресты отбирают (без выбора) по 40 стеблей. Отобранные от каждой горсти стебли по десятку раскладывают на четыре пучка, образуя четыре связки по 100 стеблей. В первых двух связках стебли выравнивают так, чтобы совпали их середины, в третьем – вершины, в четвертом – комли. После этого каждый пучок связывают посередине, а затем вырезают отрезки длиной 10 см.

В первой связке вырезают участок длиной 10 см, отступив от середины стеблей на 9,5 см в сторону комля и на 0,5 см в сторону вершины, а во втором пучке – от середины стеблей на 9,5 см в сторону вершины и на 0,5 см в сторону комля.

Третий и четвертый пучки вторично связывают, отступив от середины на 20 см, в третьем пучке – в сторону вершины, а в четвертом – в сторону комля.

При горстевой длине льнотресты от 50 до 65 см третий и четвертый пучки связывают вторично, отступив на 15 см, а при горстевой длине от 41 до 50 см – на 10 см от середины в обе стороны.

В третьем пучке вырезают участок длиной 10 см, отступив от места связки на 0,5 см в сторону вершины и на 9,5 см в сторону середины, а в четвертом пучке – от места связки на 0,5 см в сторону комля и на 9,5 см в сторону середины.

Вырезанные из пучков участки развязывают и каждый в отдельности укладывают на приборе ООВ одностебельным слоем с параллельным расположением стеблей так, чтобы меньшие по длине концы от места связки пучков выступали за край рабочей плоскости прибора на 10 мм, а большие касались упора. Затем отрезки закрепляют прижимной планкой и обрабатывают их концы рабочей планкой прибора, опуская и поднимая ее по пять раз.

Обработанные отрезки, концы которых остались с неотделившимся волокном, а также с заусенцами – удаляют не учитывая. Отрезки, с концов которых все волокна полностью отделились, принимают за единицу. Отрезки, с концов которых полностью отделилась хотя бы одна полоска волокна, принимают за 1/2.

Отделяемость льнотресты вычисляют делением на 40 суммы целых и половин единиц по всем обработанным на приборе ООВ отрезкам стеблей.

При определении отделяемости льнотресты по 20 или 40 снопам (горстям рулонов), отделяемость вычисляют как среднеарифметический результат, что соответственно двум или четырем определениям.

Отделяемость вычисляют до второго десятичного знака с последующим округлением результата до первого десятичного знака.

Как видно из описания метод определения отделяемости довольно трудоемкий. Вместе с тем порядок отбора проб для ее определения имеет много общего с порядком отбора проб для определения прочности тресты, при определении которой используется мятые образцы льнотресты в лабораторной мялке МЛ-3.

В работе [3] экспериментально установлены эмпирические зависимости показателя умина U тресты при обработке в мяльной машине М-100Л от показателя отделяемости O и глубины захождения рифлей мяльных вальцов i для тресты с различной влажностью, имеющие вид:

при влажности льнотресты $W = 12,0 \%$

$$U = 9,88 + 0,99 \cdot i + 2,02 \cdot O , \quad (1)$$

при влажности льнотресты $W = 19,0 \%$

$$Y = 2,98 + 0,99 \cdot i + 2,02 \cdot O. \quad (2)$$

Из приведенных зависимостей следует, что при постоянной влажности и глубине захождения рифлей мяльных вальцов, показатель умина является функцией только показателя отделяемости льнотресты.

Исходя из приведенных зависимостей и учитывая, что при определении прочности волокна пробы тресты подвергаются мятью в лабораторной мялке МЛ-3, была выдвинута гипотеза о возможности определения показателя отделяемости по умину тресты, то есть о частичном совмещении операций при определении отделяемости и прочности тресты.

Из формул (1, 2) следует, что общий вид модели описывающей взаимосвязь между отделяемостью и умином имеет вид:

$$O = a + b \cdot Y, \quad (3)$$

где a, b – коэффициенты регрессии.

Для определения коэффициентов регрессии был поставлен эксперимент, заключающийся в том, чтобы пробы льнотресты, предназначенные для определения прочности массой 1 г, после обработки их в лабораторной мялке, взвешивали и определяли показатель ее умина. Для повышения точности взвешивания, определяли суммарный вес для 5 проб. Умин вычисляли по формуле:

$$Y = 100 \frac{m_1 - m_2}{m_1}, \quad (4)$$

где m_1, m_2 – масса пробы до и после мятья соответственно, г.

Из тех же горстей отбирались пробы тресты и определялся показатель умина с использованием прибора ООВ. По результатам обработки экспериментальных данных определялось наличие корреляционной зависимости между ними, и устанавливался характер этой зависимости. Результаты экспериментальных исследований приведены в табл. 1. По результатам опыта с помощью функций MS EXCEL Определяли коэффициент корреляции между показателями умина и отделяемости, находили зависимость между ними.

Т а б л и ц а 1. – Результаты экспериментальных исследований зависимости отделяемости от умина льнотресты.

Наименование показателя	Значение показателя для опыта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Масса пробы после мятья, г	2,87	2,99	2,76	3,12	3,17	3,08	2,83	2,86	3,18	2,83
Умин, %	34,5	36,1	37,0	38,9	39,2	40,5	41,2	41,8	42,2	44,3
Отделяемость, ед.	4,2	4,3	4,6	5,4	5,9	6,5	6,2	6,9	6,9	7,6

В результате расчетов коэффициент корреляции между умином и отделяемостью составил 0,981, что говорит о тесной взаимосвязи между этими показателями. График статистической зависимости $O = f(Y)$ показан на рисунке 1, а сама зависимость с коэффициентом достоверности аппроксимации $R^2 = 0,9619$ имеет вид:

$$O = 0,3844 \cdot Y - 9,3593 \quad (5)$$

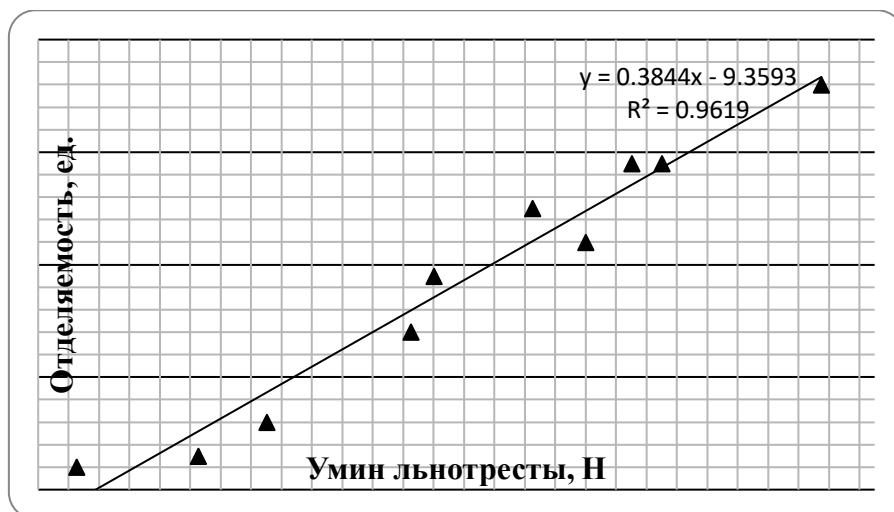


Рис. 1. Аппроксимация зависимости отделяемости льнотресты от умина.

Таким образом, получена модель и установлена возможность использования показателя умина для определения отделяемости льнотресты.

Выводы

Метод определения отделяемости является достаточно трудоемким, но вместе с тем порядок отбора проб для ее определения имеет много общего с порядком отбора проб для определения прочности тресты, при определении которой используется мять образцов льнотресты в лабораторной мялке МЛ-3.

В результате экспериментальных исследований, установлена возможность использования показателя умина для определения отделяемости льнотресты. Получена модель $O = 0,3844 \cdot U - 9,3593$ которая с достоверностью 0,96 описывает зависимость отделяемости костры от показателя умина.

Список использованных источников

1. Льюис, У. Химия коллоидных и аморфных веществ (теория и приложения) / У. Льюис, Л. Скуаерс, Дж. Брутон. – Москва : государственное издательство иностранной литературы 1948.
2. Треста льняная. Требования при заготовках : СТБ 1194-2007. – Введ. 01.06.2008. – Минск : БелГИСС, 2008. – 20 с.
- 3 Мочалов, Л.В. Управление процессом мятья при обработке льнотресты : дис. ...канд. техн. наук. – Кострома, 2017. – 134 с.

В.В. Голдыбан, Г.А. Прокопович, М.И. Курилович, Л.А. Ходасевич*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»**ГНУ «ОИПИ НАН Беларуси»**г. Минск, Республика Беларусь**e-mail: labpotato@mail.ru*

РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ МАКЕТНОГО ОБРАЗЦА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СОРТИРОВАЛЬНОЙ МАШИНЫ

В статье приведено описание макетного образца автоматической сортировальной машины, предназначенной для распознавания внешних дефектов клубней картофеля и их автоматической инспекции струей сжатого воздуха. Процесс распознавания состоял из трёх основных модулей: сегментации, трекинга движущегося в кадре по конвейеру картофеля и классификации с помощью обученной искусственной нейронной сети. Для сегментации клубней картофеля на фоне транспортирующего конвейера в режиме реального времени использован метод, основанный на вычислении цветового порога. Для трекинга движущихся клубней картофеля использовался алгоритм центроидного трекинга. Для обучения искусственной нейронной сети был создан собственный набор данных, состоящий из изображений товарных и дефектных клубней картофеля.

Ключевые слова: клубень картофеля, дефект, автоматическая сортировка, машинное зрение.

V. V. Goldyban, R.A. Prakapovich, M. I. Kurylovich, L.A. Khadasevich*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»**SSI «UIIP NAS of Belarus»**Minsk, Republic of Belarus**e-mail: labpotato@mail.ru*

THE RESULTS OF THE DEVELOPMENT OF THE MODEL OF THE AUTOMATIC SORTING MACHINE

The article describes a prototype of an automatic sorting machine designed to recognize external defects in potato tubers and automatically inspect them with a jet of compressed air. For the segmentation of potato tubers against the background of the transporting conveyor in real time, a method based on background subtraction was used. To improve the reliability of recognition of moving potato tubers, a tracking algorithm is proposed.

Keywords: club potato, defect, automatic sorting, machine vision.

Введение

Товарную подготовку картофеля проводят после хранения перед реализацией продукции. Это трудоемкая работа, на ее выполнение уходит от 30 до 70 % всех трудовых затрат, связанных с уборкой, хранением и реализацией продукции.

Обязательной операцией при товарной обработке является сортирование, во время которого разделяют продукцию на группы по качеству, в зависимости от имеющихся дефектов. Эту операцию проводят визуально. Вручную отбирают дефектную продукцию, которую проще выделить в движущемся потоке. Отечественной промышленностью сортирование ведут на переборочных столах и машинах, обеспечивающих не только продольное перемещение, но и поворот продукции, что позволяет лучше ее осмотреть при отборе.

Использование автоматических сортировальных машин для идентификации и отделения некондиционных клубней картофеля из общего вороха позволит улучшить результаты проверки, повысить производительность и качество получаемого продукта.

Основанная часть

В настоящее время сортировка некондиционных клубней картофеля для последующей товарной реализации выполняется на переборочных столах. Ворох картофеля, поступающий на

сортирующие устройства, представляет собой смесь товарных и дефектных клубней. Задача сортировки заключается в разделении дефектных клубней от общей поступающей массы картофеля согласно предъявляемым требованиям к обрабатываемой продукции ГОСТ 26832-86-2010 [1]. Для сортировки продовольственного картофеля РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», при участии «ОИПИ НАН Беларуси», разработан и изготовлен макетный образец автоматической сортировальной машины, принципиальная схема которого представлена на рис. 1.

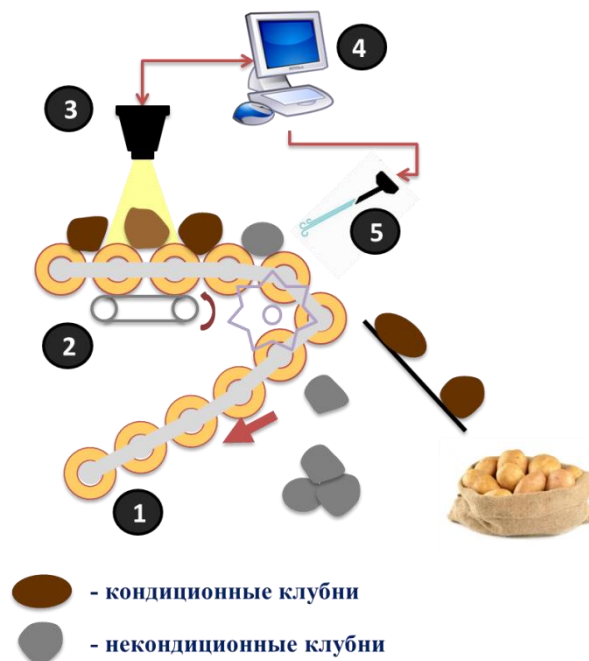


Рис. 1. Принципиальная схема макетного образца автоматической сортировальной машины

1 – вальцово-подающий конвейер; 2 – приводной ремень; 3 – промышленная скоростная видеокамера;

4 – вычислительный модуль в виде компьютера; 5 – система отделения

Она состоит из рамы, вальцово-подающего конвейера, механизмов привода, системы распознавания, состоящей из видеокамеры и персонального компьютера, и пневматической системы отделения.

Рама установки выполнена из конструкционного алюминиевого профиля для создания определённой прочности и жёсткости конструкции, и удобства монтажа на неё основных узлов установки и электрооборудования.

Вальцово-подающий конвейер представляет собой бесконечный тяговый рабочий орган с закрепленными на нем вальцами (рис. 2). Рабочая поверхность валцов выполнена в виде однополосного гиперболоида вращения. Параметры вальцово-подающего конвейера: длина $l = 160 \text{ мм}$, максимальный диаметр $d_{\max} = 70 \text{ мм}$, минимальный диаметр $d_{\min} = 60 \text{ мм}$, зазором между вальцами $c = 21 \text{ мм}$, количество валцов – 36. Вальцовый конвейер предназначен для транспортировки и вращения клубней картофеля.

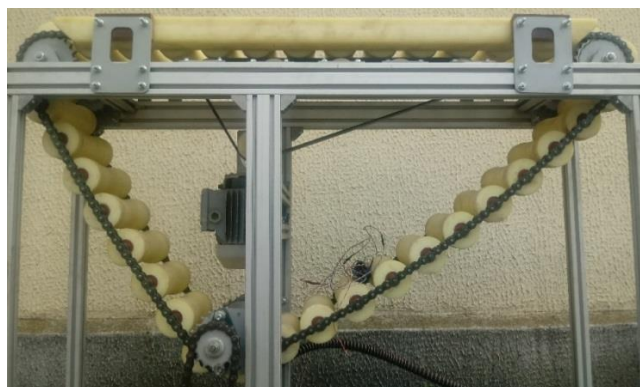


Рис. 2. Вальцовый конвейер

Привод вальцового конвейера осуществляет мотор-редуктор посредством цепной передачи.

Для вращения клубней в зоне системы распознавания предусмотрен механизм привода вальцов (рис. 3), который состоит из мотор-редуктора, приводного ремня 1, шкивов 2. Вальцы, в области механизма привода, вращаются посредством трения о приводной ремень. Частота вращения вальцов регулируется посредством мотор-редуктора.

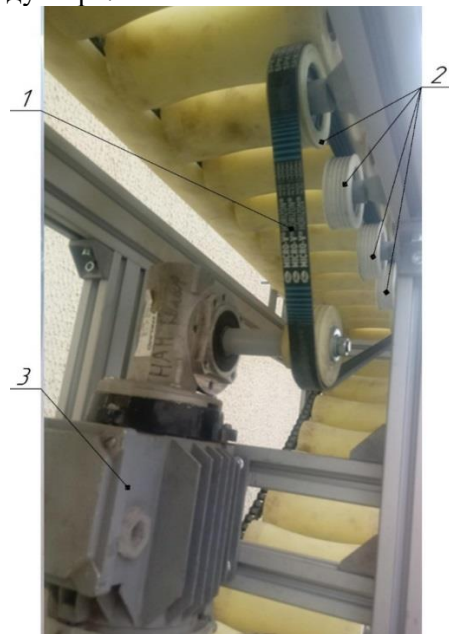


Рис. 3. Механизм привода вальцов
1 – ремень приводной; 2 – шкивы; 3 – мотор-редуктор

Пневматическая система отделения некондиционных клубней картофеля состоит из электронного блока управления 1, импульсного клапана 2, форсунки 3, компрессора 4 (рис. 4). Она предназначена для отделения некондиционных клубней картофеля струей сжатого воздуха.

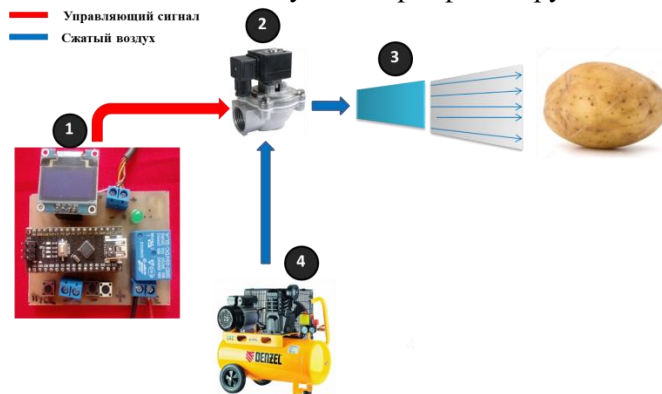


Рис. 4. Схема пневматической системы отделения
1 – электронный блок управления; 2 – импульсный клапан; 3 – форсунка; 4 – компрессор

Импульсный клапан осуществляет кратковременную подачу воздуха. Для управления режимом работы импульсного клапана специально изготовлен электронный управляющий блок, который подключён к вычислительному модулю через виртуальный СОМ-порт. Блок управления позволяет установить необходимую длительность открытия клапана.

Система распознавания состоит из механического защищенного корпуса, высокоскоростной камеры, вычислительного модуля, структурированной подсветки, модуля коммуникации с пневмотической системой отделения. Она предназначена для распознавания дефектов клубней картофеля и выдачи сигнала исполнительному устройству (рис. 5).



Рис. 5. Схема системы распознавания

Основной задачей системы распознавания является формирование выдачи блоку управления автоматической сортировальной машины данных, содержащих информацию о кондиции клубня картофеля и номер его позиции на линейном транспортёре. Эта информация используется для активизации пневмоклапана, установленного на транспортёре.

Механический защищённый корпус представляет собой составное каркасное изделие. Корпус предназначен для выполнения следующих функций:

- фиксации видеокамеры машинного зрения и структурированной подсветки на определенном расстоянии от вальцового конвейера, перемещающего клубни картофеля;
- перекрытие доступа попадания на анализируемый видеокамерой машинного зрения картофель стороннего света, кроме собственной структурированной подсветки.

Для захвата и передачи графических изображений, движущихся на транспортёре клубней картофеля в вычислительный модуль для последующего их анализа с целью определения их кондиции, используется видеокамера машинного зрения. Видеокамера машинного зрения состоит из блока высокоскоростной промышленной видеокамеры, имеющего пыле- и влагозащищённый корпус с креплениями, и оптического объектива с механической настройкой резкости. Блок высокоскоростной видеокамеры имеет промышленные разъёмы для подключения электропитания и информационного канала, которые выходят из защищенного механического корпуса через специальные отверстия.

Структурированная подсветка предназначена для равномерного освещения рабочей области, необходимого для правильного функционирования изделия, и включает линейный светодиодный модуль и источник электропитания светодиодного модуля напряжением 24 В. Учитывая требования к системе распознавания в качестве структурированной подсветки было решено использовать современные светодиодные ленты, обладающие рядом положительных характеристик. Технические характеристики линейного светодиодного модуля представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1. – Параметры светодиодного модуля

Характеристика	Значение
Цвет свечения	Тёплый белый
Тип светодиодов	Smd 3528
Количество светодиодов на 1 м	240
Класс защиты IP	IP65
Напряжение питания, В	24
Потребляемая мощность, Вт/м	75

В качестве блока высокоскоростной видеокамеры была выбрана видеокамера машинного зрения VCXU-13C, которая размещена в механическом защищенном корпусе размером 800 мм х 360 мм х 490 мм, скорость съёмки 222 кадров/с. Электропитание совмещено с информационными каналами и подаётся по интерфейсу USB 3.0.

В качестве оптического объектива для высокоскоростной камеры был выбран объектив 0814MM-C со следующими параметрами: оптимальный размер прибора с зарядовой связью матрицы $2Mn$ и $1/2''$, фокусное расстояние $f=8$ мм, диафрагма $F1.4$, тип крепления к камере C-mount.

Учитывая требования функционирования оптической системы распознавания, в качестве вычислительного модуля был выбран ноутбук HP Pav Gaming 15, оснащённый дискретной видеокартой NVidia.

Преобразователь частоты Mitsubishi A700 задает параметры работы приводных механизмов макетного образца автоматической сортировальной машины.

Для сегментации изображения, т.е. отделения изображений картофеля от конвейера, который в данном случае является фоном, был выбран алгоритм сегментации по цветовому порогу.

Так как конвейер светлый, а картофель тёмный, то можно подобрать пороговое значения, при котором пиксели ниже заданного порога будут относиться к картофелю, а пиксели выше заданного порога будут принадлежать конвейеру. Бинарное изображение, полученное после применения порогового значения $\text{thresh} = 170$, показано на рисунке 6.

Проблема бинаризации изображения конвейера по порогу состоит в том, что яркость теневых участков конвейера и яркость картофеля совпадают. Кроме этого, промежутки между валиками имеют низкую яркость, что также отмечается алгоритмом как картофель. Для преодоления этого недостатка используется следующий алгоритм:

- посчитать сумму пикселей в каждой строке маски анализируемого изображения;
- если эта сумма меньше заданной минимальной ширины картофеля в пикселях, то такая строка считается принадлежащей конвейеру и помечается нулевыми значениями (фон);
- применить морфологические преобразования.

Результат применения такого алгоритма показан на рис. 7. На маске изображения конвейера с картофелем остались артефакты фона. Они удаляются путём анализа площади связных компонентов. Если площадь ниже порогового значения, то такой компонент относится к конвейеру, иначе – к картофелю.



Рис. 6. Результат пороговой сегментации картофеля



Рис. 7. Результат применения алгоритма сегментации, основанного на анализе яркости изображения

Для окончательного принятия решения о качестве картофеля сравнивается несколько его проекций. В результате, пока картофель проходит в рабочей зоне видеокамеры машинного зрения, он успевает попасть на несколько её кадров. Чтобы не перепутать клубни картофеля между собой, потребовалось сопоставлять информацию, полученную по различным последовательным кадрам. Для этого в систему встроены алгоритм центроидного трекинга движущихся клубней картофеля.

На вход алгоритма трекинга поступает набор координат прямоугольников, ограничивающих клубни картофеля. Алгоритм трекинга учитывает информацию, сгенерированную им для предыдущего кадра видеопоследовательности (если он не первый), и выдаёт каждому ограничивающему прямоугольнику текущего кадра уникальный номер (назначает ИД). Тем самым алгоритм сопоставляет картофель на двух кадрах, т.е. позволяет идентифицировать один и тот же картофель на разных кадрах как один, а не как несколько разных. Это позволяет «не выпускать из виду» клубни картофеля в процессе их движения по всей рабочей области видеокамеры машинного зрения. На рис. 9 приведена блок-схема работы алгоритма трекинга движущихся клубней картофеля.

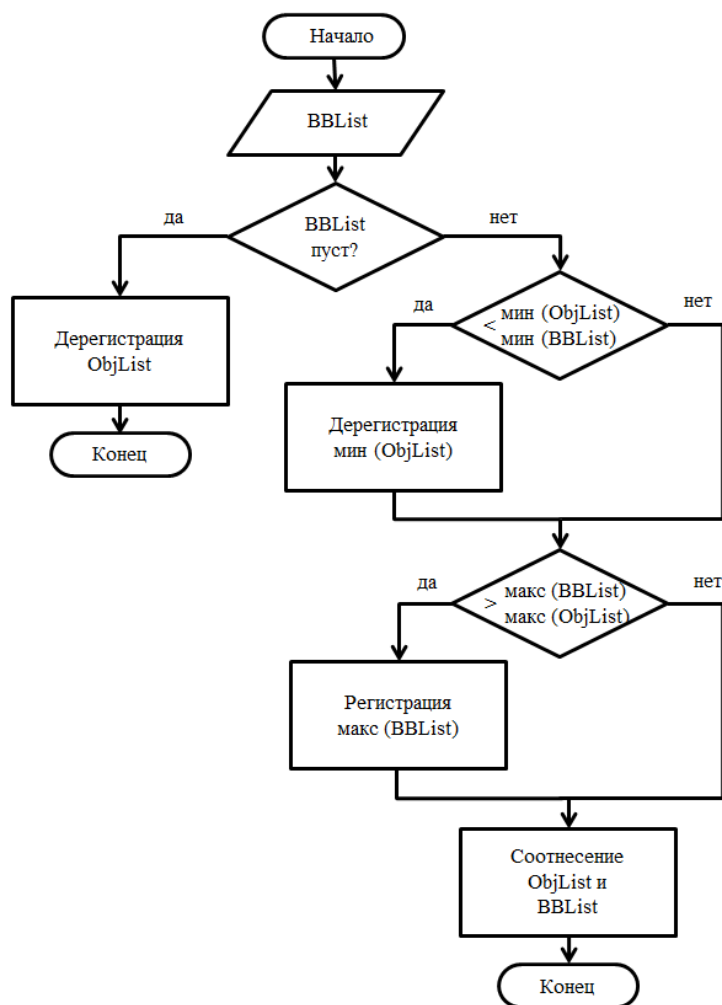


Рис. 9. Блок-схема алгоритма трекинга движущихся клубней картофеля

Здесь BBList обозначает список координат ограничивающих прямоугольников (x_1, y_1, x_2, y_2) , являющихся условной границей выделенных клубней и поступающих на вход алгоритма; ObjList – список объектов (ИД id и координат ограничивающих прямоугольников (x_1, y_1, x_2, y_2)), сгенерированный алгоритмом трекинга для предыдущего кадра; мин (ObjList) (макс (objList)) обозначает, что из списка координат ограничивающих прямоугольников выбирается наименьшая координата левого нижнего угла прямоугольника (наибольшая координата правого нижнего угла). Регистрация объекта обозначает присвоение ему нового ИД и включение его в список объектов, deregistration – удаление объекта из списка объектов, соотнесение объектов означает присвоение объектам текущего кадра ИД, который выбираются из списка ИД объектов предыдущего кадра. Результат работы алгоритма трекинга объектов приведён на рис. 10.

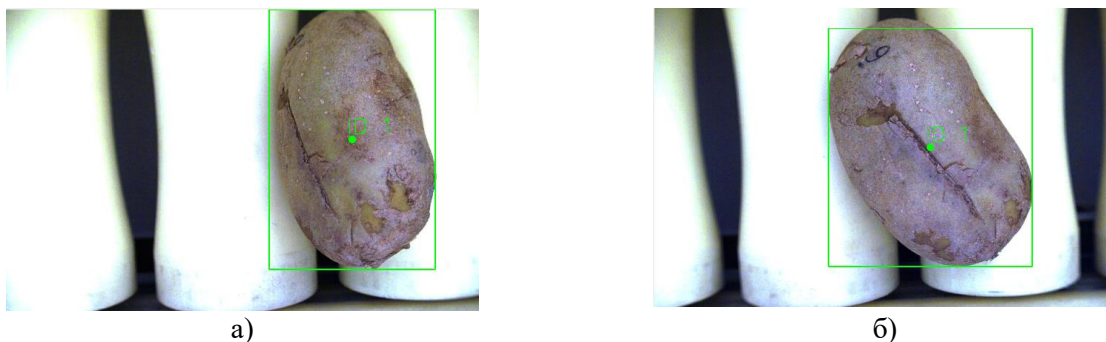


Рис. 10. Результат работы алгоритма трекинга объектов

а) и б) – изображения одного и того же картофеля на соседних кадрах видеопоследовательности

Алгоритм трекинга клубней картофеля обладает высокой скоростью работы, которая намного меньше скорости работы алгоритма сегментации.

Процесс классификации выделенного на конвейере картофеля реализован с помощью нейросетевого классификатора.

Принцип действия разработанного макетного образца автоматической сортировальной машины заключается в следующем:

Картофель, поступая на вальцовый подающий конвейер, перемещается в зону распознавания, где ему придается вращение посредством ременного привода (рис. 3). Клубни картофеля обрабатываются компьютерной программой. Идентифицированные клубни как некондиционные, перемещаясь вальцовым транспортирующим устройством к системе отделения, удаляются с вальцового конвейера струей сжатого воздуха. Неотделённые клубни продолжают движение по технологической линии. Время, между моментом идентификации некондиционного клубня разрабатываемой системы распознавания и подачей последующего единичного сигнала для удаления задаётся исходя из геометрических и скоростных характеристик вальцового подающего устройства.

Внешний вид макетного образца автоматической сортировальной машины представлен на рис. 11.



Рис. 11. Макетный образец автоматической сортировальной машины

1 – рама; 2 – вальцово-подающий конвейер; 3 – пневматическая система отделения; 4 – компрессор; 5, 6 – мотор-редуктор; 7 – система распознавания; 8 – приводной ремень.

Техническая характеристика макетного образца автоматической сортировальной машины представлена в табл. 2.

Т а б л и ц а 2. – Техническая характеристика макетного образца автоматической сортировальной машины

Наименование показателя	Значение показателя
Тип машины	стационарная
Количество анализируемых рабочих потоков, шт.	1
Скорость движения подающего устройства, м/с	0,6
Рабочая длина зоны распознавания, м	0,55
Рабочее напряжение электросети механической части установки, В	380

Допустимое количество ошибок распознавания, %	3
Диаметр форсунки, мм	5
Рабочее давление в пневмосистеме, кПа	500
Время открытия воздушного клапана, с	0,6
Расстояние от сопла форсунки до середины вальца, мм	80
Производительность, т/ч	2,5

Проведены экспериментальные исследования, которые позволили определить оптимальные параметры основных модулей макетного образца: рабочее давление в пневмосистеме 500 кПа, время открытия воздушного клапана 0,6 с, расстояние от сопла форсунки до середины вальца 80 мм, при этом точность сортирования составила 99 %.

Заключение

Разработан макетный образец автоматической сортировальной машины, в основу работы которого положена концепция интеллектуального анализа данных, согласно которой полученные с видеокамеры изображения клубней картофеля обрабатываются и формируются в образы с последующим распознаванием и выдачей сигнала исполнительному устройству системы автоматической инспекции, в виде единичного импульсного сигнала при определении клубня как некондиционного.

Список использованных источников

1. Картофель свежий для переработки на продукты питания. Технические условия : ГОСТ 26832-86-2010. – Введ. 06.01.1987. – М. : Стандартиформ, 2010

УДК: 631.415.1

Поступила в редакцию 27.07.2020
Received 27.07.2020

Э.В. Дыба, В.В. Микульский

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

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СЫРОМОЛОТОГО ДОЛОМИТА И ДЕФЕКТА ПРИ ИЗВЕСТКОВАНИИ ПОЧВ

В статье рассмотрены основные способы известкования почв в Республике Беларусь, их достоинства и недостатки, а так же перспективы применения сыромолотого доломита и дефеката при известковании почв в условиях республики.

Ключевые слова: доломитовая мука, кислотность, известкование, сыромолотый доломит, дефекат, механизация, неравномерность.

E. V. Dyba, V.V. Mikulski

RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»

Minsk, Republic of Belarus

e-mail: dibua-18@mail.ru

PROSPECTS FOR THE USE OF RAW GOLD DOLOMITE AND DEFECATE IN SOIL LIMING

The article considers the main methods of soil liming in the Republic of Belarus, their advantages and disadvantages, as well as the prospects for the use of raw ground dolomite and defecate in liming soils in the conditions of the republic.

Keywords: dolomite flour, acidity, liming, raw-ground dolomite, defecate, mechanization, unevenness.

Введение

Химизация сельского хозяйства, проводимая путем использования минеральных, органических удобрений и известкования кислых почв, является основным путем повышения эффективного и потенциального плодородия почв Беларуси. Географическое положение Республики Беларусь предопределяет преимущественное распространение дерново-подзолистых и дерново-подзолистых заболоченных почв, которые являются зональными для территории республики. Они занимают около 87,2 % пашни и 71,4 % общей площади сельскохозяйственных угодий. Как и большая часть интразональных почв (торфяно-болотные, дерново-болотные, аллювиальные), они генетически бедны питательными веществами, отличаются плохими физическими свойствами и высокой кислотностью [1].

Основная часть

Из-за повышенной кислотности почв в Республике Беларусь только на пашне ежегодный недобор урожая составляет около 1 млн. т кормовых единиц. Особенно высокий недобор урожая отмечается на сильнокислых почвах (pH менее 4,5) – 12...14 ц/га корм. ед. и среднекислых почвах (pH 4,6...5,0) – 6...8 ц/га. Кроме того, по данным агрохимической науки эффективность минеральных удобрений на среднекислых почвах снижается на 20–30 %, а на сильно кислых – более чем наполовину [2].

Единственным путем повышения плодородия кислых почв является их известкование. По обобщенным данным большого количества опытов, каждая тонна $CaCO_3$ за ротацию севооборота обеспечивает прибавку урожая от 3 до 7 ц/га зерна [3]. По расчетам специалистов ФРГ, увеличение pH кислых почв на 1,0 приводит в среднем к повышению урожаев сельскохозяйственных культур на 5–6 ц/га ежегодно в пересчете на зерно. При известковании почв, сильно нуждающихся в этом, прибавки урожая составляют (ц/га): пшеницы – 4, ржи – 5...8, картофеля – 50, сахарной свеклы – 60, кукурузы на зеленую массу – 80, а на почвах, слабо нуждающихся в известковании, – соответственно 2, 3, 20, 35 и 40 [4].

Ежегодно в стране необходимо известковать около 550 тыс. га, внося при этом 2,82 млн. т известковых удобрений в пересчете на $CaCO_3$. В настоящее время основным мелиорантом в Республике Беларусь является пылевидная доломитовая мука производства Витебского комбината «Доломит». Для ее внесения используют пневматические машины РУП-8 и АРУП-8, а также центробежные разбрасыватели (МБУ-8, МБУ-12, МХА-7). Все эти машины не только морально устарели, но физически изношены. Ни одна из них не способна качественно и в соответствии с современными экологическими требованиями вносить пылевидные известковые удобрения.

Многочисленные испытания показали, что даже в идеальных условиях (наличие ровной площадки, отсутствие ветра) машина РУП-8 вносит известковые удобрения с неравномерностью, превышающей 50 %. При такой высокой неравномерности внесения прибавка урожая от известкования снижается на 20...25 %. Машины АРУП-8, численность которых составляет более 60

% от всего парка машин для внесения химвелиорантов, не могут обработать большинство полей по причине низкой проходимости.

Центробежные машины вообще не предназначены для внесения пылевидных удобрений. Более того, при работе всех этих машин образуется облако пыли длиной свыше 500 м и высотой до 70 м. Длина гона в республике находится в пределах 300-800 м, а около 15 % площадей составляют участки размером от 3 до 10 га. В этих условиях значительная часть известковых материалов уносится за пределы обрабатываемого поля, загрязняя природную среду. По данным Прибалтийской МИС при работе разбрасывателей РУП-8, АРУП-8 концентрация пыли за пределами санитарной зоны (200 м), превышает допустимую в 5 раз [2].

Для повышения качества внесения пылевидных известковых материалов и снижения запыленности окружающей среды в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработаны и поставлены на производство две принципиально новые машины для транспортировки и внесения известковых материалов: прицепная – МШХ-9 и самоходная машина химизации

МХС-10. Данные машины оснащены механическими штанговыми распределяющими рабочими органами шнекового типа с высежными отверстиями в нижней части кожуха шнека, через которые осуществляется внесение пылевидных известковых материалов. По данным ГУ «Белорусская МИС» неравномерность внесения мелиорантов данными машинами по ширине захвата не превышает

20 %, что значительно ниже, чем у выше приведенных машин. Кроме того, применение данных машин значительно улучшают экологическую ситуацию за пределами санитарной зоны, сокращают потери пылевидных мелиорантов [5, 6].

Однако данный тип штанговых распределителей весьма чувствителен к качеству пылевидных известковых материалов. Он обеспечивает высокую равномерность посева только хорошо текучих мелиорантов стандартной влажности до 1,5 %. Кроме того они не могут обеспечить внесение заданной дозы материала в расчете на гектар. Так, машины для внесения мелиорантов в зависимости от гранулометрического состава почвы исходной степени его кислотности, содержания гумуса и плотности загрязнения территории радионуклидами должны обеспечивать дозы в пределах от 3 до 20 т/га [7], в то время как штанговые машины способны обеспечить всего до 6 т/га, а пневматические и центробежные – до 10 т/га.

Таким образом, следует констатировать, что техническая сторона применения известковых материалов в настоящее время ни количественно, ни качественно не соответствует требуемым объемам работ. Кроме того, при многих достоинствах доломитовой муки она отличается высокими энергозатратами на производство и применение, а за частую ежегодно выделяемых средств из республиканского бюджета Республики Беларусь на известкование почв в необходимых объемах попросту не хватает. Во многом именно всё это является причиной того, что за последнее десятилетие реально известкуется только около половины подкисленных земель от необходимого объема.

Важным способом уменьшения реальных энергетических затрат может стать применение менее энергоемких по сравнению с доломитовой мукой видов известковых мелиорантов, например, сыромолотого доломита и дефеката. Сыромолотый доломит получают при размоле доломита. Это очень ценное и более дешевое известковое удобрение. По государственному стандарту он должен соответствовать следующим требованиям: содержания углекислого кальция и магния в пересчете на CaCO_3 – не менее 90 %; влажность не выше 10 %; содержание частиц размером 5 мм не менее 3 %, 3 мм – 6 и 1 мм – не более 19 %.

Дефекат – отходы свеклосахарного производства. Сухой дефекат содержит: 60–75 % CaCO_3 ; 10–15 % органического вещества; 0,2–0,7 % N; 0,2–0,9 % P_2O_5 и 0,3–1,0 % K_2O . Влажность сухого дефеката 25–30 %.

В Германии, например, практически полностью перешли на технологию известкования известковых мелиорантов из твердых горных пород в сыромолом виде [8]. По влиянию на свойства почвы и урожайность сельскохозяйственных культур, особенно на слабообеспеченных магнием почвах, сыромолотый доломит приближается к доломитовой муке, хотя энергозатраты на его производство на 50–55 % ниже энергозатрат, связанных с производством доломитовой муки, а дефекат вообще (поскольку является отходом свеклосахарного производства) отпускается бесплатно. При использовании этих мелиорантов чистый доход с 1 га возрастает в среднем до 23 и 29 долларов США, а рентабельность возрастает до 29 и 39 % [1].

В Беларуси были проведены исследования, показывающие целый ряд технологических преимуществ сыромолотых форм известковых материалов, в частности, доломита. Главное

преимущество сводится к упрощению системы транспортировки, облегчению хранения (известковые материалы влажностью 6–12 % не смерзаются), понижению себестоимости мелиоранта. Так, в сравнении с доломитовой мукой, даже с учетом пониженной нейтрализующей способности и повышенной влажности, общие энергозатраты на весь комплекс работ по использованию сыромолотого доломита на 30 % ниже. Кроме того, сыромолотый доломит имеет несомненные экологические преимущества, так как не образует пыли и позволяет избежать резких скачков кислотности почвы, что важно в целях предотвращения переизвесткования при проведении поддерживающего известкования [1].

Однако с точки зрения механизации внесения сыромолотых форм известковых материалов существуют определенные трудности, связанные с повышенной их влажностью. Известно, что применяемые в настоящее время распределяющие рабочие органы существующих пневматических машин, работоспособны только на внесение пылевидных известковых материалов, влажность которых не превышает 3 %.

Поэтому известковые материалы с влажностью, даже незначительно превышающей вышеназванную, налипают внутри дозирочных каналов и в пневмотукопроводах, что приводит к резкому увеличению неравномерности, а при влажности свыше 10 % машина попросту неработоспособна.

Применение разработанных штанговых распределяющих рабочих органов шнекового типа также невозможно, в силу тех же недостатков. Дело в том, что принцип работы этих машин заключается в разделении общего потока известковых материалов, поступающего из кузова, на максимально большое количество малых потоков, чтобы принудительно обеспечить равномерное разделение по всей рабочей ширине. А поскольку в качестве дозирующих элементов выступают высевные отверстия с шириной от 10 до 30 мм, через которые не может быть устойчивого истечения сыромолотых форм известковых материалов по причине их высокой влажности то данные машины признать работоспособными нельзя.

Что касается центробежных распределяющих рабочих органов, то исследованиями установлено, что они менее чувствительны к влажности при внесении сыромолотых форм известковых материалов и на сегодняшнее время это единственный способ их внесения. Однако процесс распределения сыромолотых форм известковых материалов данными распределяющими рабочими органами не изучен. Кроме того, дозирующие устройства данных машин не приспособлены к настройке необходимого диапазона доз их внесения. Так существующие машины данного типа обеспечивают дозы внесения лишь до 10 т/га, при необходимых до 20 т/га. Кроме того, из-за высокой влажности вносимого материала существует высокий риск сводообразования в кузове машины, так как стенки кузова имеют уклон 50–60 град. Также всем известно, что при высокой влажности известковых материалов его сыпучесть становится низкой, образуется слеживаемость и, как следствие, происходит забивание дозирующих устройств. Поэтому совершенно очевидно, что дозирующие устройства должны дополнительно выполнять функцию измельчения слежавшегося материала.

В этой связи, учитывая недостатки существующих центробежных машин, их несовершенство как с точки зрения дозирования, так и с точки зрения распределения сыромолотых форм известковых материалов, становится абсолютно очевидной актуальность в проведении исследований по изучению процесса их внесения с целью обоснования параметров и режимов работы дозирующих и распределяющих рабочих органов, обеспечивающие качественное внесение известковых материалов.

В качестве базовой машины для изучения процесса внесения сыромолотых форм известковых материалов может быть использована ранее разработанная в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» система транспортно-технологическая СТТ-25 для внесения твердых органических удобрений, так как её элементная и пооперационная схема идентична центробежным дисковым разбрасывателям [9]. Кроме того у данной машины стенки кузова вертикальные что исключает риск сводообразования. Дозирующий элемент машины оснащен горизонтальными битерами со сменными ножами, расположенными по винтовой линии, что является очень важным элементом при исследовании измельчения слежавшегося мелиоранта.

Заключение

Таким образом, следует констатировать, что техническая сторона применения известковых материалов в настоящее время ни количественно, ни качественно не соответствует требуемым объемам работ. Кроме того, при многих достоинствах доломитовой муки она отличается высокими

энергозатратами на производство и применение, и за частую ежегодно выделяемых средств из республиканского бюджета Республики Беларусь на известкование почв в необходимых объемах попросту не хватает. Во многом именно всё это является причиной того, что за последнее десятилетие реально известкуется только около половины подкисленных земель от необходимого объема.

Важным способом уменьшения реальных энергетических затрат может стать применение менее энергоемких по сравнению с доломитовой мукой видов известковых мелиорантов, например сыромолотого доломита и дефеката. Однако с точки зрения механизации внесения сыромолотых форм известковых материалов существуют определенные трудности, связанные с повышенной их влажностью. В этой связи, учитывая недостатки существующих центробежных машин, их несовершенство, как с точки зрения дозирования, так и с точки зрения распределения сыромолотых форм известковых материалов, становится абсолютно очевидной актуальность в проведении исследований по изучению процесса их внесения с целью обоснования параметров и режимов работы дозирующих и распределяющих рабочих органов, обеспечивающих качественное внесение известковых материалов.

Список использованных источников

1. Клебанович, Н. В. Известкование почв Беларуси / Н. В. Клебанович, Г. В. Василюк. – Мн. : БГУ, 2003. – 322 с.
2. Степук, Л.Я. Решение проблемы эффективного применения пылевидных химвелиорантов / Л.Я. Степук, В.В. Барабанов // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» - Минск, 2009. – Вып. 43. – Т1. – С. 25–31.
3. Шильников, И.А. Известкование почв / И.А. Шильников, Л.А. Лебедева // ВАСХНИЛ. – М. : Агропромиздат, 1987. – С. 4.
4. Известкование кислых почв нечерноземной полосы СССР / Под ред. Н.А. Сапожникова и М.Ф. Корнилова. – Л. : Колос. Ленингр. отд-ние, 1971. – 141 с.
5. Протокол № 70-2004 государственных приемочных испытаний штанговой машины для внесения химвелиорантов МШХ-9 / Белорусская МИС. – Минск, 2004. – 42 с.
6. Протокол №141 Б ½ -2008 государственных приёмочных испытаний опытного образца машины химизации самоходной МХС-10 / ИЦ ГУ «Белорусская МИС» – Минск, 2008. – 65 с.
7. Инструкция по известкованию кислых почв сельскохозяйственных земель / В.В. Лапа [и др.]. – Минск : Ин-т почвоведения и агрохимии, 2019. – С. 18–22.
8. Galler Y. Trocken oder feucht? Blick ins Land. 2000. № 9. S. 28–29.
9. Протокол №062 Б ½ -2019ИЦ государственных приёмочных испытаний системы транспортно-технологической СТТ-25 / ИЦ ГУ «Белорусская МИС» – Минск, 2019. – 88 с.

УДК 631.171:633/635

Поступила в редакцию 25.06.2020
Received 25.06.2020

В.И. Передня, Е.Л. Жилич, А.А. Кувшинов, А.М. Злотник

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

e-mail: npc_mol@mail.ru

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ЛЕГКОУСВОЯЕМОГО КОНЦЕНТРАТА

Продуктивность взрослого крупного рогатого скота находится в прямой зависимости от качества кормления телят в молочный период. В первые дни после рождения телят может питаться только жидкими кормами, поскольку у них работает только кишечное пищеварение, а рубцовое находится только зачаточном состоянии. Возраст перехода от кишечного к желудочному пищеварению можно и нужно ускорить за счет введения в рацион кормления растительных кормов.

Показано, что все растительные корма даже зернобобовые телята поедают и усваивают только после 20–30 дневного возраста. В мировой практике известно много способов обработки зернового сырья с целью повышения их поедаемости и усвояемости в более ранние сроки, но только после влаготепловой обработки. Воздействие тепла и влаги на зерновую смесь вызывает в ней биохимические процессы, в результате которых происходит ферментативное расщепление, декстринизация и ряд других процессов: они превращаются в более усвояемые корма. Однако это весьма энергоемкий и металлоемкий процесс.

Разработанная технология и комплект оборудования позволяют перерабатывать любые растительные корма в легкоусвояемый концентрат, поедание которого приводит к уменьшению сроков адаптации телят и к более раннему поеданию растительных кормов, ускорению развития пищеварения, уменьшению расхода цельного молока и повышению привесов.

Ключевые слова: телята, молочный период, растительные корма, легкоусвояемый концентрат, измельчение, экструдирование, смешивание, экструдат, сухое молоко, сухая сыворотка.

V.I. Perednia, E.L. Zhilich, A.A. Kuvshinov, A.M. Zlotnik

RUE "SPC NAS of Belarus on the mechanization of agriculture"

INNOVATIVE TECHNOLOGY AND EQUIPMENT FOR PREPARING EASILY DIGESTIBLE CONCENTRATE

The productivity of adult cattle is directly dependent on the quality of feeding calves during the dairy period. In the first days after birth, the calf can only eat liquid feed, since they only have intestinal digestion, and scarring is only rudimentary. The age of transition from intestinal to gastric digestion can and should be accelerated by introducing plant food into the diet.

It is shown that all vegetable feeds, even leguminous calves, are eaten and increased only within the limit of 20-30 days of age of calves. In world practice, there are many ways of processing grain raw materials in order to increase their digestibility and digestibility at an earlier time, but only after moisture and heat treatment. The effect of heat and moisture on the grain mixture causes biochemical processes in it, as a result of which there is an enzymatic cleavage, dextrinization and a number of other processes and they are converted into more digestible feed. But this is a very energy-intensive and metal-intensive process.

For the purpose of processing plant feed into easily digestible, an innovative technology and a set of equipment has been developed that allows preparing easily digestible concentrate for calves of the dairy period.

The developed technology and equipment allow processing any vegetable feed into easily digestible feed, which reduces the time of adaptation of calves to eating vegetable feed, which leads to accelerated development of digestion, due to earlier eating of prepared feed, reducing the consumption of whole milk and increasing weight gain.

Keywords: calves, milk period, vegetable feed, easily digestible concentrate, grinding, extrusion, mixing, extrudate, milk powder, whey powder.

Введение

Продуктивность и другие качества крупного рогатого скота обусловлены его генотипом. Однако проявление возможного потенциала генотипа находится в прямой зависимости от условий выращивания и, особенно, кормления телят в молочный период.

В первые дни после рождения теленка единственным кормом является молозиво, а затем цельное молоко или его заменитель: у новорожденного функционирует только сыгуч, а рубец находится еще в развитии. Поэтому теленок может усваивать только жидкую пищу.

Как следует из практики многочисленных исследований, после 5–6 дней жизни телят приучать к поеданию и растительных кормов [1,2]. Так по данным Пшеничникова [3], при правильном кормлении телят усиливается рост рубца, который к 30 дням может увеличиваться до размеров сыгуча (отношение их объемов составляют примерно 1:1) и теленок может потреблять кроме молочных продуктов и растительные корма. С 3-недельного возраста у телят начинается становление жвачного процесса, т.е. происходит переход от кишечного пищеварения к желудочному.

Основная часть

Как показывает многие исследования [2,4,5], возраст перехода от кишечного пищеварения к желудочному можно ускорить за счет более раннего приучения телят к потреблению растительных кормов.

Эту физиологическую особенность становления у молодняка крупного рогатого скота нужно использовать полнее. Переход от кишечного пищеварения к желудочному у телят молочного периода сопровождается изменением в ферментативной деятельности пищеварительного тракта. Так при переходе на растительные корма у телят в 3,5–4,0 раза увеличивается выделение пищеварительных соков, и в 3 раза возрастает количество химуса [2].

Альтернативы растительным кормам для ускорения роста рубца пока нет. Поэтому, начиная с 70-х годов прошлого столетия, ведутся исследования и создаются различные способы и устройства позволяющие скармливать телятам молочного периода, в том числе, и растительные корма.

В 1974 году Робинсон получил патент на скармливание телятам соевой муки, разведенной в теплом виде, посредством сосковой поилки. Но такое устройство не получило распространения, поскольку без встряхивания поилки соевая мука выпадает в осадок и сосковая кормушка становится неработоспособной. Кроме того, соевая мука в своем составе содержит и антипитательные вещества.

Известен также способ кормления телят молочного периода заключающийся в том, что, начиная с 5-дневного возраста, телятам выпаивается смесь цельного молока с добавлением в его состав проваренного зернового корма или комбикорма со снижением нормы выпойки цельного молока в 2 раза [6]. Недостатком данного способа являлось то, что уменьшение количества цельного молока не привело к поеданию концентрированных кормов в связи с недоразвитым пищеварительным трактом по перевариванию растительных кормов. Кроме того, этот способ приводит к усложнению процесса кормления, поскольку требуется включить дополнительные работы и устройства для варки растительных кормов.

Необходимо также отметить, что усвояемость растительных кормов даже злаковых и бобовых культур у телят молочного периода осуществляется медленно и в небольших количествах по многим причинам. Известно, что в зернах злаковых и бобовых культур содержится большое количество белков, жиров, углеводов, но содержатся они в специализированных субклеточных формах – нейроновых клетках, окруженных единой мембраной содержащих кристаллические белковые тела, что затрудняет их усвоение [6,7,8]. Кроме того, зерна злаковых культур наряду с белками содержат много крахмала, усвоение которого даже [7] у взрослого поголовья животных происходит медленно и не более 25 % [8].

В мировой практике известно много способов обработки зернового сырья с целью повышения его поедаемости, перевариваемости и усвояемости. Но поскольку у телят молочного периода еще не полностью сформировался желудочно-кишечный тракт, в основном работает только сыгуч, то в этом случае, возможно, лучше всего использовать влаготепловой способ обработки растительных кормов, который улучшает вкусовые качества, повышает поедаемость кормов, перевариваемость и усвояемость.

Воздействие тепла и влаги на зернобобовую смесь, обладающую наибольшим количеством питательных веществ, вызывает в ней биохимические процессы, в результате которых происходит ферментативное расщепление, декстринизация, желатинизация крахмала и другие процессы. В процессе влаготепловой обработки крахмал гидролизуются до мальтозы, дающей после присоединения воды две молекулы глюкозы. Кроме того, в качестве промежуточного продукта образуются полисахариды с разной молекулярной массой – декстримы. В зависимости от степени гидролиза их молекулярная масса понижается, и они все больше приближаются к сахарам. В этом случае процесс происходит на уровне нанотехнологии [7]. Такая переработка вполне возможна при экструдировании зернобобовых культур [6,7].

По данным Афанасьева В.А. [10] в процессе экструдирования крахмал распадается на простые сахара и антипитательные вещества. Вредная микрофлора обеззараживается, а витамины и аминокислоты, содержащиеся в злаках благодаря кратковременности процесса, сохраняются. За счет нагрева до 130–150 °С и высокого кратковременного давления, с последующим же резким его падением – происходит взрыв продукта, что делает его более доступным для воздействия ферментов желудка животных, а также повышается корма усвояемость до 90 % [10].

С целью приучения телят молочного периода к поеданию растительных кормов, в Научно-практическом центре Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства совместно с Научно-практическим центром Национальной академии наук Беларуси по животноводству, разработали инновационную технологию и комплект оборудования для производства легкоусвояемого сухого концентрата. Принципиальная технологическая схема по производству легкоусвояемого сухого концентрата представлена на рис.

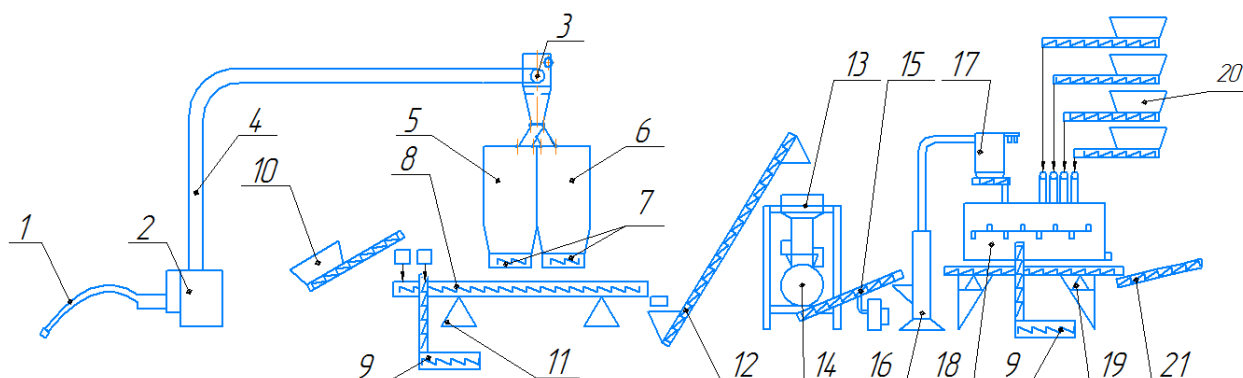


Рис. Принципиальная технологическая схема по производству легкоусвояемого сухого концентрата

1 – всасывающий пневмопровод; 2 – дробилка молотковая с пневмозабором; 3 – распределитель потока; 4 – напорный пневмопровод; 5 – бункер-накопитель; 6 – бункер-накопитель; 7 – конвейер винтовой; 8 – смеситель зерновых; 9 – бункер-питатель с конвейером винтовым; 10 – бункер-питатель льносемени; 11 – электронные весы; 12 – конвейер подачи зерносмеси в экструдер; 13 – кондиционер экструдера; 14 – экструдер; 15 – охладитель; 16 – дробилка; 17 – бункер-накопитель экструдата; 18 – смеситель концентрата; 19 – электронные весы; 20 – конвейер винтовой; 21 – конвейер винтовой

Производство сухого концентрата осуществляется следующим образом: зерновые компоненты посредством всасывающего пневмопровода по очереди подбираются и транспортируются через сепаратор камнеотделитель, где отделяются от крупных тяжелых примесей, и поступают в измельчитель, который грубо измельчает их и по напорному пневмопроводу, загружая по очереди в бункера-накопители. Затем измельченные зерновые компоненты по очереди транспортируются и, дозированно – по массе, загружаются в смеситель винтовой, установленный на весах. В смеситель винтовой, без измельчения по очереди также поступают и масличные компоненты, типа рапса и льносемени, из своих бункеров-питателей.

Отдозированные зерновые и масличные культуры смешиваются в смесителе винтовом и поступают в магнитную колонку, где отделяются от металлических примесей. Полученная зерносмесь выгружается в приемный бункер винтового конвейера.

Последний транспортирует зерносмесь в устройство увлажнения и подогрева, смонтированное на экструдере, где смесь увлажняется и подогревается до заданных значений, а затем дозированно подается в экструдер.

Подготовленная зерносмесь подвергается кратковременному, но очень интенсивному механическому и термическому воздействию в экструдере.

Под действием высокой температуры и давления, зерносмесь превращается в легкоусвояемый экструдат, который выгружается в охладитель, охлаждается, а потом поступает в пневмоизмельчитель для доизмельчения и загрузки в бункер-питатель.

Все подготовленные компоненты сухого концентрата, по очереди, дозированно по массе, загружаются в смеситель с весовым устройством: измельченный экструдат – из бункера-питателя, сухое обезжиренное молоко – из бункера-накопителя, сухая сыворотка – из бункера накопителя, витаминно-минеральный премикс ПКР-1 – из бункера-питателя и комбикорм также из своего бункера-питателя. После загрузки все компоненты сухого концентрата перемешиваются в смесителе и выгружаются в бункер-накопитель готовой продукции посредством выгрузного конвейера.

Суть инновационной технологии и комплекта оборудования заключается в том, что, начиная с 6–8 дневного возраста, телятам, наряду с кормлением цельным молоком или качественным заменителем цельного молока, предлагают сбалансированный по питательности сухой легкоусвояемый концентрат, который засыпают в кормушки.

Включение в состав концентрата сухого обезжиренного молока позволяет ускорить процесс адаптации животных к более раннему поеданию сухого концентрата – это происходит благодаря присутствию запаха цельного молока в кормовой смеси. Кроме того, включение сухого обезжиренного молока, сухой сыворотки увеличивает перевариваемость и усвояемость сухого концентрата, что приводит к более высоким приростам живой массы телят.

Экструзионная обработка всех зернобобовых и масличных культур позволяет переварить сложные органические соединения в легкоусвояемые простые сахара, провести инактивацию антипитательных веществ [9], что также стимулирует рост и развитие рубца, в конечном счете приводит к сокращению сроков кормления телят цельным молоком, а также к поеданию растительных кормов, приросту живой массы – это подтверждается проведенными исследованиями на молочно-товарной ферме «Березовица», «ЖодиноАгроПлемЭлита».

В процессе проведения опыта [11] изучались зоотехнические и биохимические показатели, такие как: количество съеденных кормов, их химический состав и питательная ценность, анализ крови и другие показатели. В табл. 1 представлены средние результаты по фактически съеденным кормам в контрольной и опытной группах.

Т а б л и ц а 1. – Рацион кормления и фактическое количество съеденных кормов

Корма	Группы	
	контрольная	опытная
Сено злаковое, кг/гол	0,40	0,55
Силосно-сенажная смесь, кг/гол	0,45	0,5
Молоко цельное, кг/гол	6,00	3,50
Концентрат легкоусвояемый, кг/гол	-	0,80
Комбикорм КР-1, кг/гол	0,60	-

Из анализа табл. 1 видно, что при поедании легкоусвояемого концентрата, на основе местного сырья, телята больше съедали растительных кормов – при меньшем использовании молочных продуктов, что приводило к более интенсивному развитию рубцового пищеварения. Кроме того, при проведении опытов производился забор и анализ крови после каждого кормления через 2,5–3,0 часа во время утреннего кормления.

По содержанию в крови белков, гемоглобина, эритроцитов, лейкоцитов, кальция и других показателей у животных сравниваемых групп достоверных различий не обнаружено, а все показатели находились в пределах физиологической нормы. Исследование гематологических показателей также не выявило какого-либо отрицательного воздействия на состояние здоровья при использовании в рационе легкоусвояемого концентрата на состояние здоровья.

Показатели прироста живой массы телят очень важны при оценке эффективности использования питательных веществ в кормах рациона.

Проведенные исследования показали, что телята опытной группы, которым скармливали легкоусвояемый концентрат, имели энергию роста выше, чем в контрольной группе (табл. 2).

Т а б л и ц а 2. – Результаты испытаний прироста живой массы телят

Показатели	Группы	
	контрольная	опытная
Количество животных, гол	15	15
Живая масса:		
в начале опыта, кг	41,2	41,3
в конце опыта, кг	102,0	111,8
Среднесуточный прирост, г	658,0	703,0
Процент, %	100	106,6
Затраты кормов на 1 кг привеса, корм. ед.	5,76	5,43
В процентах к контрольной группе, %	100	94,4
Стоимость суточного рациона, дол	2,54	2,05
Себестоимость 1 кг прироста, дол	3,79	3,05

Из представленных в таблице данных видно, что скармливание телятам в течение молочного периода кормового концентрата, способствовало повышению продуктивности на 6,6 % и снижению затрат на 5,73 %.

Заключение

Разработанная инновационная технология и комплект оборудования по производству легкоусвояемого сухого концентрата позволили:

- уменьшить сроки адаптации телят молочного периода к поеданию легкоусвояемого концентрата и других растительных кормов;
- ускорить процесс развития рубцового пищеварения, благодаря более раннему поеданию легкоусвояемого концентрата и других растительных кормов;
- уменьшить расход цельного молока, повысить суточные привесы на 6,6 и снизить затраты кормов на 5,73 %.

Список использованных источников

1. Рыдак, П.А. Передовые методы выращивания молодняка крупного рогатого скота / П.А. Рыдак. – Минск : Ураджай, 1984 г.
2. Плященко, С.И. Получение и выращивание здоровых телят / С.И. Плященко Н.А. Сидоренко А.Ф. Трофимов. – Минск : Ураджай, 1990 г.
3. Пшеничный, П.Д. Рост и развитие крупного рогатого скота. Скотоводство / П.Д. Пшеничный. – М. Сельхозиздат, 1961.– Т 1. – С. 299–300.
4. Сироткин, В.И. Вырастить телят: нормирование, кормление, содержание / В.И. Сироткин. – М. –Россельхозиздат, 1987.
5. Патент RU №2129391 C2A23K1, Способ выращивания молодняка крупного рогатого скота.
6. патент RU № 2316226 C2 Ф23 K1 Способ кормления молодняка крупного рогатого скота.
7. Легкоперевариваемые углеводы в кормлении коров/ Ю.Лазарев, И. Кузмин – М. – Кормление с/х животных и кормопроизводство №10.2006.
8. Хохрин, С.Н. Корма и кормление животных / С.Н. Хохрин. – М. «Лань», 2002. – С. 300–301.
9. Передня, В.И. Инновационный способ кормления телят в молочный период / В.И. Передня, В.Романюк, А.А. Романович. Woda-Srodiwisko-Obszary Wiesskie 2019 T.19. Z3 (67) institute Technologicznj-Pszyzodniczy w Falentach. 2019.
10. Афанасьев, В.А. Приоритетные методы тепловой обработки зерновых компонентов в технологии комбикормов / В.А. Афанасьев, А.Н. Остриков – Воронеж, 2015 – С. 335–337.

УДК 631.333-52:004.3

Поступила в редакцию 12.09.2020
Received 12.09.2020

В.К. Клыбик, П.П. Бегун, И.С. Пылило

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

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ДОЗИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ШТАНГОВОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА ДЛЯ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Представлены результаты экспериментальных исследований дозирующего устройства штанговых рабочих органов для дифференцированного внесения минеральных удобрений. Приведены основные зависимости производительности дозирующего устройства от частоты вращения катушки и величины закрытия заслонки.

Ключевые слова: минеральные удобрения, штанговые рабочие органы, дозирующее устройство, высевая катушка, заслонка, регулирование дозы.

V. K. Klybik, P.P. Begun, I. S. Pylilo

RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»

RESULTS OF THE RESEARCH OF THE DOSING DEVICE OF THE ROD WORKING UNIT FOR DIFFERENTIAL APPLICATION OF MINERAL FERTILIZERS

The results of experimental research of the dosing device of rod working units for differential application of mineral fertilizers are presented. The main dependences of the performance of the dosing device on the frequency of rotation of the reel and the value of closing the shutter are given.

Keywords: mineral fertilizers, rod working unit, dosing device, seeding reel, shutter, dose regulation.

Введение

Дифференцированное внесение минеральных и органических удобрений, химических мелиорантов для кислых почв и пестицидов на сегодняшний день является ключевым элементом в точном земледелии. При этом учитывается внутривариационная изменчивость параметров плодородия, а это значит, что для обеспечения растений необходимым количеством питательных элементов, приходится изменять в широких пределах (от 10 и до 140 кг) действующее вещество на гектар дозы внесения удобрений. Особенно сложно обеспечить точное динамическое регулирование при внесении подкормочных доз удобрений в пределах от 20 до 150 кг/га в физическом весе.

В настоящее время, во всем мире, самыми распространенными распределяющими рабочими органами машин для внесения минеральных удобрений являются центробежные и в меньшей степени – штанговые. В тоже время обеспечить равномерность внесения подкормочных доз минеральных удобрений, определяемую коэффициентом вариации до 10 % (допускаемая равномерность внесения азотных удобрений) [1], возможно только штанговыми рабочими органами, оборудованными катушечными дозирующими устройствами с регулируемой заслонкой. Кроме того, оснащение штанговых машин дозирующими устройствами управляемыми микропроцессорными электронными системами позволит полностью автоматизировать процесс дифференцированного внесения удобрений и по ширине захвата машины.

Основная часть

Для обоснования рациональных параметров дозирующего устройства катушечного типа с регулируемой заслонкой при дифференцированном внесении подкормочных доз минеральных удобрений изготовлен макетный образец и экспериментально исследован процесс дозирования суперфосфата аммонизированного с массовой долей гранул размером от 2 до 5 мм не менее 90 %.

Макетный образец системы дифференцированного внесения минеральных удобрений состоит из рамы 1, бункера для удобрений 2 объемом 50 л, двух высевальных катушек 3 позволяющих дозировать количество высеваемых минеральных удобрений, электропривода высевальных катушек 5, позволяющего по сигналам, формируемым в блоке управления в зависимости от заданной нормы внесения минеральных удобрений поддерживать необходимый крутящий момент и частоту вращения, заслонок 9 для обеспечения изменения удельной производительности катушечного высевального устройства перекрытием части катушки, электропривода заслонок 4, емкости для сбора удобрений 7, электронных весов 8, для взвешивания высеянной массы удобрений и щитка распределительного 6 состоящего из блока управления частотой вращения электродвигателем, панели оператора графической ИП320, программируемого логического контроллера ПЛК100-24.К-МП и двух индуктивных датчиков LA12M-50.4N4.U1.K (рис. 1).

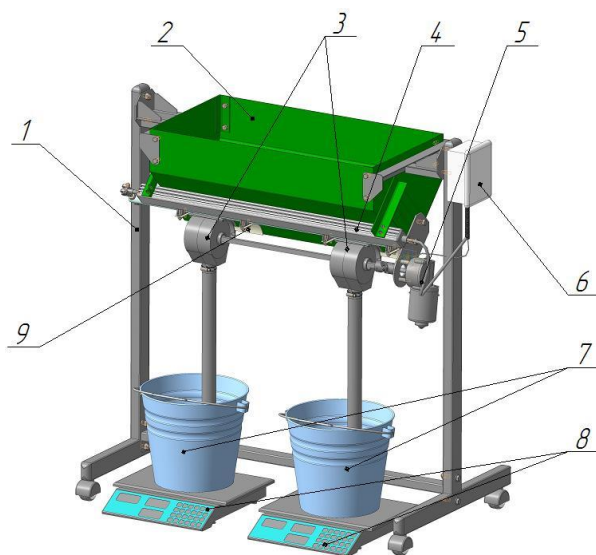


Рис. 1. Общий вид макетного образца системы дифференцированного внесения минеральных удобрений

1 – рама; 2 – бункер для удобрений; 3 – высевающие катушки; 4 – электропривод заслонок; 5 – электропривод высевающих катушек; 6 – щиток распределительный; 7 – емкости для сбора удобрений; 8 – электронные весы; 9 – заслонка

Макетный образец работает следующим образом: в бункер 2 установленный на раме 1 засыпаются минеральные удобрения. С распределительного щитка 6 подаются управляющие сигналы на электроприводы заслонок 4 и электродвигатель высевающих катушек 5. Сигналы, сформированные по расчетным алгоритмам в зависимости от необходимой нормы внесения минеральных удобрений, имитируют реальные условия работы машины для внесения минеральных удобрений по карт-заданию посредством изменения величины открытия заслонки 9 и частоты вращения катушечного высевающего устройства 3. Далее минеральные удобрения поступают в емкость для сбора минеральных удобрений 7 установленной на весах 8 и на электронном табло регистрируются данные об изменении массы собранных минеральных удобрений.

Результаты экспериментальных исследований

Технологический процесс дифференцированного внесения минеральных удобрений предусматривает, чтобы дозирование происходило в зависимости от заданной нормы внесения, которая формируется в зависимости от потребности (карт-задания). Поэтому за параметр оптимизации принимаем производительность дозирующего устройства K_d , (кг/га). Входными факторами, оказывающими значительное влияние на процесс дозирования минеральных удобрений, являются поступательная скорость движения машины (v), частота вращения катушки (ω) и величина открытия заслонки (h).

Скорость движения определяли как отношение пройденного пути к времени работы дозирующего устройства. Время работы дозирующего устройства фиксировали секундомером. Открытие заслонки производили электроприводом и измеряли линейкой. Изменение частоты вращения катушки осуществляли ШИМ-регулятором, установленным в щитке распределительном.

Выбор уровней значений для каждого из факторов, включённых в эксперимент, определялся исходя из агротехнических требований, теоретических исследований и составили: для $v=2,2...4,17$ м/с, $\omega=5...55$ об/мин, $h=0,01...0,06$ м. Для каждого фактора определяли основной уровень и интервал варьирования.

План-матрица проведения опытов с реализацией всех возможных сочетаний упорядоченных комбинаций факторов приведен в табл. 1.

Т а б л и ц а 1. — План-матрица проведения опытов

№ опыта	$x_1 \rightarrow v$	$x_2 \rightarrow \omega$	$x_3 \rightarrow h$
1	– 2,2	– 5	– 0,01
2	+ 4,17	– 5	– 0,01
3	– 2,2	+ 55	– 0,01
4	+ 4,17	+ 55	– 0,01
5	– 2,2	– 5	+ 0,06
6	+ 4,17	– 5	+ 0,06
7	– 2,2	+ 55	+ 0,06
8	+4,17	+ 55	+ 0,06

Порядок проведения опытов рандомизирован. Требуемые фактические значения факторов поддерживали постоянными в течение опыта. После реализации параллельных наблюдений определяли среднее значение показателя параметра оптимизации. В процессе обработки результатов эксперимента использована стандартная методика предусматривающая оценку отклонения показателя параметра оптимизации от среднего значения и вычислена дисперсия воспроизводимости по данным m параллельных наблюдений плана матрицы планирования в каждой точке, проверку однородности дисперсий по критерию Кохрена и построение уравнения регрессии процесса [2–4].

После исключения статистически незначимых коэффициентов и проверки адекватности модели получено уравнение регрессии (1) определяющее зависимость производительности высевающего аппарата от входных факторов.

$$y = 470,56 - 129,09x_1 + 260,49x_2 + 147,78x_3 - 64,29x_1x_2 - 19,98x_1x_3 + 63,62x_2x_3 \quad (1)$$

Для получения функции отклика в зависимости от натуральных значений факторов декодируем уравнение регрессии (1).

Для этого находим значения факторов x_1 , x_2 и x_3 в натуральных их значениях по формуле

$$x_j = \frac{2z_j - z_{jn} - z_{je}}{z_{je} - z_{jn}}, \quad (2)$$

где z_j – натуральное значение фактора;

z_{jn} – нижний предел натурального значения фактора;

z_{je} – верхний предел натурального значения фактора.

Фактор поступательной скорости в натуральных значениях

$$x_1 = 1,02v_n - 3,23 \quad (3)$$

Фактор частоты вращения

$$x_2 = 0,04\omega - 1,2 \quad (4)$$

Фактор величины открытия заслонки

$$x_3 = 40h - 1,4 \quad (5)$$

Подставив натуральные значения факторов x_1 , x_2 и x_3 в уравнение регрессии получим функцию отклика в зависимости от натуральных значений

$$y_{Kn} = 158,14 - 11,02v + 15,75\omega + 6446,4h - 2,79v\omega - 1215,84v h + 118,59\omega h. \quad (6)$$

При анализе функции отклика по влиянию факторов получены следующие значения: при увеличении скорости v до максимального значения 4,17 м/с с минимальными частотой вращения $\omega = 5$ об/мин и минимальной открытой заслонкой $h = 0,01$ м производительность катушечного высевающего аппарата уменьшается до 88,13 кг/га, при минимальной скорости 2,2 м/с, максимальной частоте вращения 55 об/мин и минимальном открытии заслонки 0,01 м производительность возрастет до 694,1 кг/га, при минимально скорости 2,2 м/с, минимальной частоте вращения 5 об/мин и максимальном открытии заслонки 0,06 м производительность составит 185,92 кг/га. Следовательно, на количество высеваемых удобрений катушечным аппаратом с заслонкой большее влияние оказывает изменение частоты вращения катушки и меньшее – величины открытия заслонки и поступательной скорости движения машины.

Рациональные режимы работы дозирующего устройства минеральных удобрений выбираем из условия выполнения качественных показателей технологического процесса по обеспечению выполнения всего диапазона доз внесения минеральных удобрений. Для обоснования частоты вращения катушки по полученному уравнению регрессии была построена диаграмма зависимости удельной производительности катушечного высевающего аппарата от частоты вращения катушки при разных положения заслонки (для ширины внесения удобрений 0,25 м и скорости движения 3,3 м/с) (рис. 2).

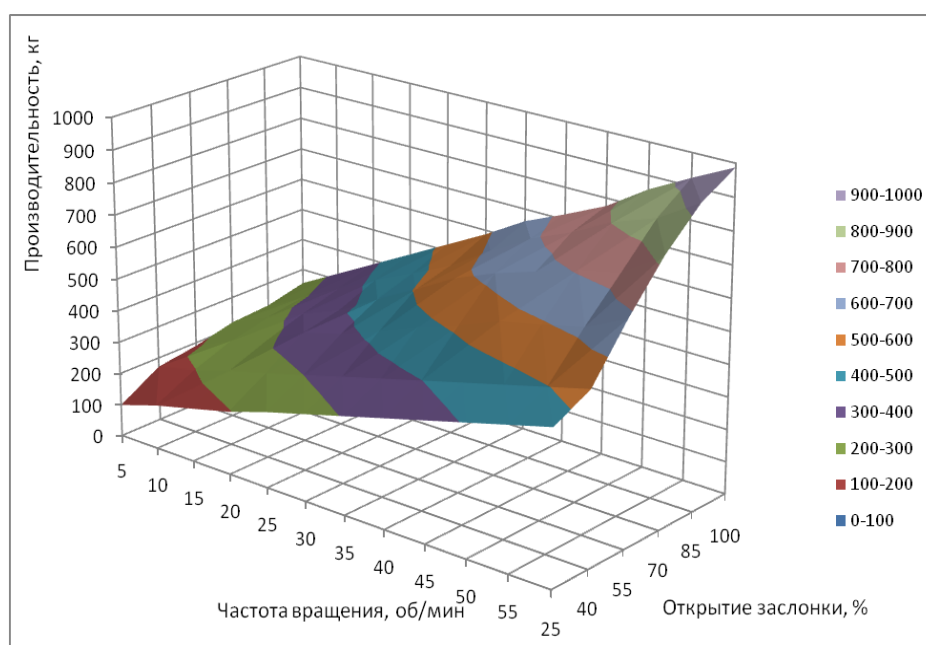


Рис. 2. Диаграмма зависимости производительности дозирующего катушечного аппарата от частоты вращения катушки при различных нормах внесения минеральных удобрений и величины открытия заслонки (для ширины внесения удобрений 0,25 м и скорости движения 3,3 м/с)

График зависимости производительности дозирующего катушечного аппарата от частоты вращения катушки при различных агротехнических скоростях движения (для ширины внесения удобрений 0,25 м, с полностью открытой заслонкой) представлен на рис. 3.

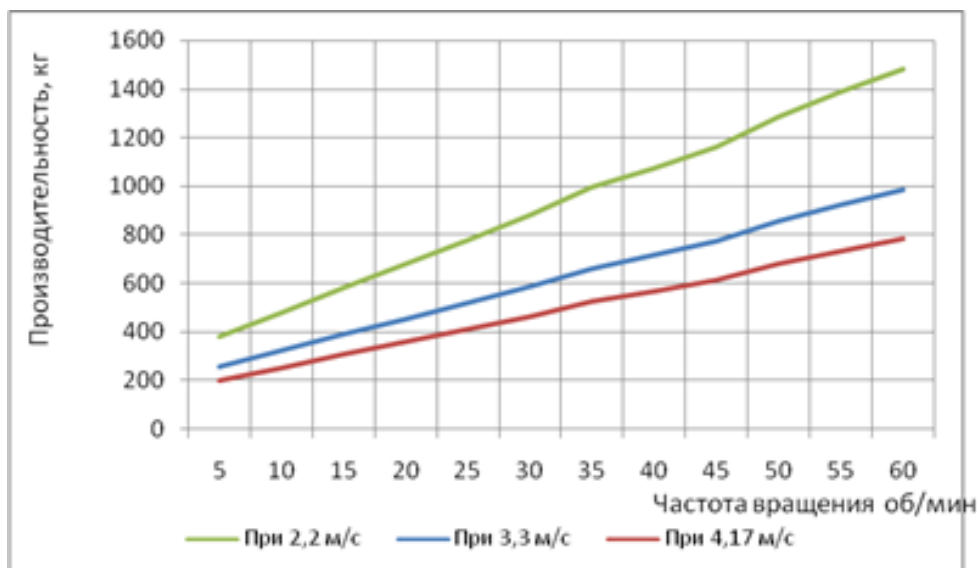


Рис. 3. График зависимости удельной производительности дозирующего катушечного аппарата от частоты вращения катушки при различных агротехнических скоростях движения (для ширины внесения удобрений 0,25 м, с полностью открытой заслонкой)

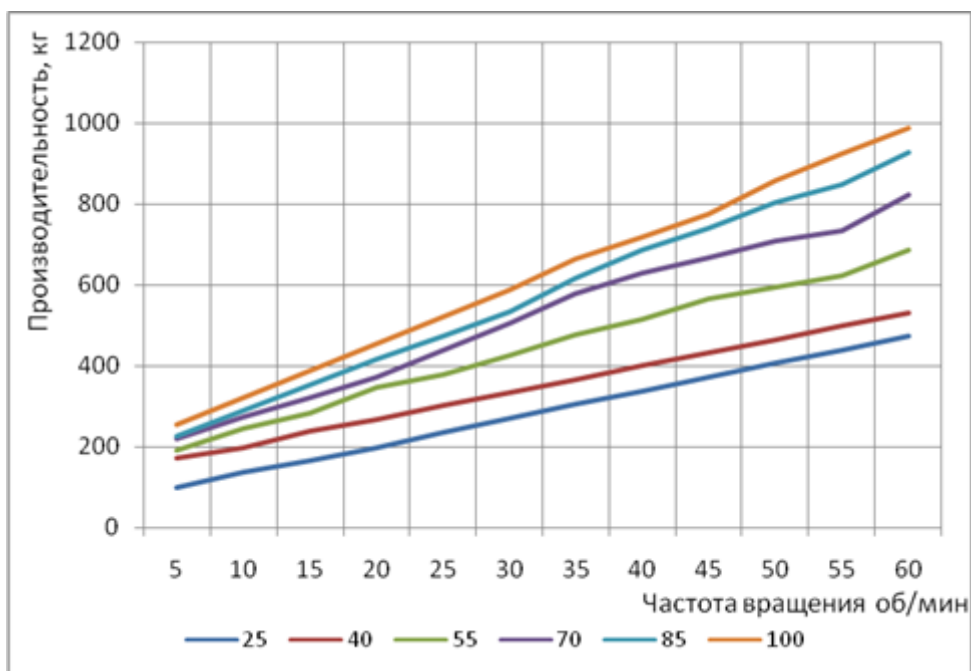


Рис. 4. График зависимости производительности катушечного высевающего аппарата при различной степени открытия заслонки

Анализируя диаграмму (рис. 4), исследуемого катушечного аппарата для высокоточного дозирования минеральных удобрений в технологии точного земледелия, определим диапазон частоты вращения катушки от 5 до 60 об/мин, так как ниже 5 об/мин возрастает неравномерность высева катушечного аппарат, а выше 60 об/мин происходит повреждение гранул минеральных удобрений. Диапазон открытия заслонки принимаем от 25 до 100%, так как при перекрытии заслонкой более 75% разгрузочного окна, происходит зависание минеральных удобрений в зоне забора и нарушается технологический процесс дозирования в целом.

Заключение

В результате выполненных исследований установлено, что на количество высеваемых удобрений катушечным аппаратом с заслонкой основное влияние оказывает изменение частоты вращения катушки и в меньшей степени – величины открытия заслонки и поступательной скорости движения машины.

Рациональными значениями технологических режимов работы дозирующего устройства штанговых рабочих органов удовлетворяющими агротехническим требованиям во всем эксплуатационном диапазоне изменения скорости и доз внесения гранулированных минеральных удобрений, является диапазон поступательной скорости $v=2,2...4,17$ м/с, при величине открытия заслонки $h=0,01...0,06$ м и частоте вращения катушки $\omega=5...60$ об/мин.

Список используемых источников

1. Степук, Л.Я. Плюсы и минусы центробежных разбрасывателей / Л.Я. Степук, В.В. Барабанов // Наше сельское хозяйство. – 2009. – № 2.
2. Вейников, В.А. Теория подобия и моделирования / В.А. Вейников – М. : Высшая школа, 1976. – 479 с.
3. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособие / В.Е. Гмурман. – М. : Высш. шк., 1972. – 358 с.
4. Губин, В. И. Статистические методы обработки экспериментальных данных / В. И. Губин, В. Н. Осташков : Учеб. пособие для студентов технических вузов.— Тюмень : Изд-во «ТюмГНГУ», 2007.— 202 с.

УДК 631.362. 2

Поступила в редакцию 12.09.2020

Received 12.09.2020

А.Н. Антоненко, В.В. Голдыбан

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

e-mail: labpotato@mail.ru

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬ ЗЕРНОВЫХ КОРМОВ

В статье проанализированы технологии измельчения фуражного зерна и предложена перспективная конструкция дискового измельчителя.

Ключевые слова: рабочие диски, разгрузочная щель, радиальные пазы, ножевая решетка, переизмельчение.

A.N. Antonenko, V.V. Goldyban

RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»

Minsk, Republic of Belarus

e-mail: labpotato@mail.ru

UNIVERSAL CEREAL GRINDER

The article analyzes the technologies for grinding feed grain and proposes a promising design of a disk grinder.

Keywords: working disks, discharge gap, radial grooves, knife grate, regrinding.

Введение

Одной из важнейших проблем измельчения является получение конечного продукта более однородного по гранулометрическому составу. Это обусловлено необходимостью стабилизации показателя качества продукции, а также требованием снижения удельной энергоемкости при ее получения. В комбикормовом производстве однородность гранулометрического состава способствует лучшему усвоению питательных веществ, содержащихся в комбикормах. Наличие пылевидных частиц ухудшает кормление животных и может вызвать закупорку дыхательных путей, особенно у молодняка [1].

В измельчающих машинах одновременно действуют несколько принципов, способствующих разрушению зерна. Например, в ранее широко применявшихся жерновых и современных вальцовых станках действуют принципы сжатия и сдвига; в молотковых дробилках, энтолейторах одновременно действуют удар и истирание; в деташерах и бичевых вымольных машинах — истирание и удар.

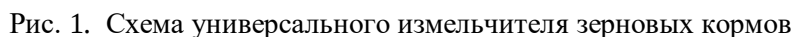
В настоящее время наиболее распространены дробилки молоткового типа. Технология известна давно и используется активно во многих странах. Машины молоткового типа удобны, просты в обращении и эксплуатации. Несмотря на все достоинства, у дробилок молоткового типа существует ряд существенных недостатков — не выровненный гранулометрический состав при различных модулях помола и разное количество пылевидной фракции: при тонком помоле — до 30 % пылевидной фракции, а при грубом в конечном продукте помола — до 20% неизмельченного зерна.

На данном этапе развития техники в области измельчения кормовых культур проблема создания энергоресурсосберегающих машин, работающих по принципу мясорубки и позволяющих получить продукт помола, соответствующий зоотехническим требованиям, является весьма актуальной.

Основная часть

Нами спроектирован и изготовлен энергоэффективный универсальный измельчитель зерна различных культур с возможностью получения помола с заданным гранулометрическим составом и соответствующего зоотехническим требованиям. Рабочие органы измельчителя расположены горизонтально и представляют два соосных диска. Нижний вращающийся диск смонтирован непосредственно на валу электродвигателя. Научная и техническая новизна подтверждены патентом на изобретение [2], результатами лабораторных и производственных испытаний, показавшими снижение удельной энергоемкости процесса измельчения при качестве готового продукта, соответствующего зоотехническим требованиям.

На рис. 1 представлена схема универсального измельчителя зерновых кормов. Измельчитель содержит фланцевый электродвигатель 1, вертикально установленный на рамке 2. Рабочие органы измельчителя расположены горизонтально и представляют два соосных диска, образующих между собой разгрузочную щель. Нижний диск 3 смонтирован на валу электродвигателя 1 с возможностью вращения. На его рабочей поверхности выполнен ряд концентрических, радиально направленных пазов 4 переменного сечения. Глубина паза уменьшается в направлении периферии до нуля. В верхнем неподвижном диске 5, жестко установленном на фланце электродвигателя 1 есть центральное загрузочное отверстие 6 и выполнен кольцевой ряд пазов 7, образующих с пазами 4 нижнего диска 3 многочисленные режущие пары (ножницы). Каждый паз 7 неподвижного диска 5 расположен по касательной к загрузочному отверстию 6, что снижает усилие резания материала и энергоемкость процесса измельчения. Главная деталь измельчающего аппарата — вращающийся диск — изготавливается из инструментальной стали, а поверхность пазов имеет очень высокую твердость и износостойкость. Неподвижный диск 5 (ножевая решетка, как в мясорубке) изготовлен из быстрорежущей стали М6Р5 и имеет две рабочие поверхности, которые по мере износа режущих граней вновь затачиваются. Установленный между двумя дисками зазор определяет максимальный размер частиц, присутствующих в конечном продукте после измельчения и может быть увеличен в зависимости от назначения получаемого корма конструктивно, путем занижения сплошного кольца на периферии нижнего диска 3 относительно высоты ножей этого диска, увеличив, таким образом, высоту разгрузочной щели 8.



Далее, под действием силы тяжести, через загрузочное отверстие 6 обрабатываемый материал поступает в радиальные пазы 4 вращающегося диска 3. При его вращении материал под действием центробежной силы продвигается по радиальным пазам 4 и за счет уменьшения их глубины в направлении периферии прижимается к кольцевому ряду отверстий (ножей) 7, неподвижной решетки 5 с последующим столкновением с кромками перемычек кольцевого ряда отверстий 7, где по принципу действия мясорубки измельчается на многочисленных режущих парах, образованных перемычками между пазами 4 нижнего диска 3 и перемычками (ножами) кольцевого ряда отверстий 7. Все частицы материала размером меньше, чем вертикальный зазор между рабочими дисками 3 и 5, через кольцевую щель 8 на периферии дисков выносятся к лопаткам 10, размещенным на внешней поверхности диска 3 и сбрасываются в разгрузочный лоток 11. В результате чего исключается возможность переизмельчения корма и способствует снижению потребления электроэнергии. Переизмельчение ведет к неоправданным затратам электроэнергии при измельчении зерна дробилками молоткового типа с высокой долей (до 35 %) пылевидной фракции в получаемом продукте. Остальная частично измельченная масса материала через пазы 7 продвигается вверх неподвижного диска 5 для повторного измельчения, предотвращая тем самым заклинивание рабочих дисков. Следовательно, наличие в верхнем неподвижном диске 5 кольцевого ряда отверстий 7 позволяет обеспечить измельчение обрабатываемого материала путем последовательного среза его слоев на многочисленных режущих парах, образованных радиальными пазами 4 и отверстиями (ножами) кольцевого ряда 7, и одновременно предохраняет измельчающий аппарат от заклинивания, перепуская частично измельченный материал в загрузочную воронку 12, установленную в бункере 9, с возможностью перемещения в вертикальном направлении. Затем частично измельченный материал вместе с основной массой, обрабатываемого материала, поступающего из бункера 9, повторно поступает в радиальные пазы 4 вращающегося диска 3. Процесс повторяется – измельчающий аппарат работает. При этом ни одна частица измельчаемого материала крупнее, чем установленный зазор между рабочими дисками 3 и 5 не пройдет через разгрузочную щель и не попадет в

измельченный материал. Следует отметить, изменяя высоту расположения загрузочной воронки 12, можно изменить производительность и потребляемую мощность измельчителя в зависимости от обрабатываемого материала и тонины помола.

На рис. 2 представлен экспериментальный образец универсального измельчителя зерновых кормов мощностью 1кВт (а) и верхний диск измельчителя со сменными ножами (б).



а



б

Рис. 2. Общий вид универсального измельчителя зерновых кормов мощностью 1кВт (а) и верхний диск измельчителя со сменными ножами (б).

Техническая характеристика измельчителя:

Производительность, т/ч до 0,2
Мощность на валу двигателя 1,0 кВт
Частота вращения ротора, мин-1 1000
Диаметр роторного диска, мм 150
Напряжение питания, В 220, ток - постоянный
Габаритные размеры, мм: 400 х 500 х 1300
Масса, кг 60

Таким образом, предлагаемый измельчающий аппарат способен обрабатывать зерновой материал с различным модулем измельчения и позволяет получить продукт помола с заданной степенью измельчения и однородным гранулометрическим составом, соответствующим зоотехническим требованиям.

Заключение

Применение в измельчителе зерновых культур одного вращающегося горизонтального диска, с выполненными на его рабочей поверхности ряда концентрических, радиально направленных пазов переменного сечения и с уменьшением глубины пазов в направлении периферии, одного соосного с ним неподвижного диска, имеющего в районе радиально направленных пазов вращающегося диска, а также ряд пазов, образующих с пазами нижнего диска многочисленные режущие пары и

разгрузочную щель на их периферии, снижает удельную энергоемкость процесса измельчения при высоком качестве получаемого корма.

Список использованных источников

1. ГОСТ 9267 – 68. Комбикорма-концентраты. Технические условия. – М. : Изд-во стандартов, 1993. – 6 с.
2. патент РБ на изобретение № 4810 В 02С 7/08 2002г.

УДК: 631.331

Поступила в редакцию 16.07.2020

Received 16.07.2020

Э.В. Дыба, В.В. Микульский

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

e-mail: dibua-18@mail.ru

ПРЕДПОСЫЛКИ К ИЗУЧЕНИЮ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕГО ОРГАНА СДВОЕННОГО ТИПА К КОЛЕСНО-ПАЛЬЦЕВЫМ ГРАБЛЯМ НА КАЧЕСТВО ВАЛКОВАНИЯ СКОШЕННЫХ ТРАВ

В статье рассмотрены предпосылки к изучению влияния конструктивных и кинематических параметров рабочего органа сдвоенного типа к колесно-пальцевым граблям-валкователям на качество валкования скошенных трав.

Ключевые слова: корма, травы, кормопроизводство, влажность, технология, скашивание, ворошение, сушка, грабли-валкователи.

E. V. Dyba, V.V. Mikulski

RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»

Minsk, Republic of Belarus

e-mail: dibua-18@mail.ru

PREREQUISITES FOR IMPACT STUDY PARAMETERS OF THE DOUBLE WORKING BODY TYPE TO WHEEL-FINGER RAKES ON QUALITY OF ROLLING OF BEVELED GRASSES

The article considers the prerequisites for studying the effect of structural and kinematic parameters of the double-type working member on wheel-finger rake-rollers on the quality of rolling of beveled grasses.

Keywords: feed, herbs, fodder production, humidity, technology, mowing, pickling, drying, rake-rolls.

Введение

Мировым опытом доказано, что эффективность животноводческой отрасли на 60 % зависит от уровня кормления и качества основных видов кормов, заготавливаемые из трав и силосных культур – сено, сенаж, силос [1]. Согласно стратегии развития кормопроизводства в Республике Беларусь на период до 2020 года именно за счет повышения качества основных видов кормов намечено снизить их расход на производство 1 кг молока до 0,95 кормовой единицы и до 8,0 кормовых единиц на 1 кг привеса говядины [2].

Как известно, качество корма, получаемого из скошенной травы, зависит от множества факторов, основным из которых является продолжительность их сушки (проявления) до кондиционной влажности. Дело в том, что при заготовке сена или сенажа скорость сушки является основным условием получения высококачественного корма. Однако неустойчивые погодные условия, характерные для нашей республики в период сенокоса, значительно усложняют эту задачу. Так наукой доказано, что при нормальной скорости сушки в хорошую погоду общие потери сухого

вещества травы колеблются от 10 до 30 %, при неблагоприятных погодных условиях они достигают 50 % и больше, также значительны и потери протеинов и других питательных веществ [3].

Основная часть

На практике для ускорения процесса полевой сушки трав используются различные физико-механические методы воздействия на скошенную зеленую массу. Так, современные косилки и косилочные комплексы оснащают плющильными вальцами или бильно-дековыми кондиционерами, задачей которых является механическое повреждение поверхности стебля или листа с целью облегчения процесса влагоотдачи. Благодаря такой обработке скорость сушки злаковых трав увеличивается на 25 %, а бобовых – на 35 %. Ускорение сушки достигают также ворошением, оборачиванием валков и перемещением их на новое место. Для этой цели используют навесные и прицепные валкооборачиватели или грабли-ворошилки. Эти машины незаменимы в случае попадания просушиваемых валков под атмосферные осадки.

В настоящее время при высоких урожаях зеленой массы в мировой практике, в частности в Западной Европе, практикуется скашивание и укладка в прокос, а не в валок, для ускорения процесса сушки, поэтому все большее количество уборочных комплексов и косилок скашивают убираемую массу в широкие прокосы с последующим их ворошением. Этот прием позволяет ускорить процесс полевой сушки на 25–35 %. В условиях республики скашивание в прокос и интенсивное ворошение прокоса позволяет получить сено кондиционной влажности в более короткие сроки. Соответственно, качество такого сена высокое, в нем максимально сохраняется каротин, протеин, углеводы и другие, питательные и витаминные комплексы, влияющие на энергетическую ценность корма. Дальнейшее досушивание и сохранение энергетической ценности сена или сенажа во многом зависит от качества их сгребания в валки [4].

В настоящее время технологическая операция сгребания высушенной или провяленной массы в валки выполняется в Республике Беларусь преимущественно ротационными граблями (рис. 1), которые сгребают траву граблями, установленными на вращающихся роторах с шириной захвата от 4 до 7 м (ГВР-420, ГВР-630, ГР-700П – производство ОАО «Управляющая компания холдинга «Бобруйскагромаш»; ГВЦ-6,6, ГВБ-6,2 – производство ОАО Лидаагропроммаш). За рубежом лидерами в области производства ротационных граблей-валкователей являются такие известные фирмы как Claas, Krone, Stoll (Германия), Kuhn (Франция), RÖTTINGER (Австрия), SIP (Словения) и др.



Рис. 1. Ротационные грабли-валкователи ГР-700П

Основное достоинство ротационных граблей-валкователей определяющее их повсеместное применение это минимальная чувствительность рабочих органов к засорению и препятствия в виде камней, плотной растительности.

Однако ротационные грабли-валкователи имеют существенный технологический недостаток, который заключается в принципе работы самой машины: процесс сгребания травяной массы ротационными граблями-валкователями происходит путем волочения их по поверхности поля, что увеличивает вероятность увлечения за собой камней и других инородных тел в валок.

При уборке таких валков, увеличивается вероятность повреждения и выхода из строя рабочих органов кормоуборочной техники, что в свою очередь приводит к увеличению сроков уборки и потере кормов. Кроме того, высокая окружная скорость зубьев граблей (10–15 м/с) и постоянный их

контакт с поверхностью почвы приводит к увеличению засорения формируемого валка землей и пылью (особенно при работе валкователя на сложном рельефе), а также высоким потерям листьев и соцветий (особенно при многоукосной системе заготовки кормов) вследствие их интенсивного обивания. Все это приводит и к потере энергетической ценности кормов.

Исследованиями, проведенными в регионе интенсивного животноводства в Германии, доказано, что при увеличении содержания примесей в сухой массе собранного урожая с 2 до 4 % приводит к снижению их энергетической ценности до 4 %, а энергия усваиваемая коровой – до 7,5 %.

Исследованиями также подсчитано, что для достижения производства кормов с уровнем содержания примесей 4–2 %, в корма необходимо добавлять концентраты на сумму около 89 евро в год из расчета на 1 гектар (рис. 2) [5].

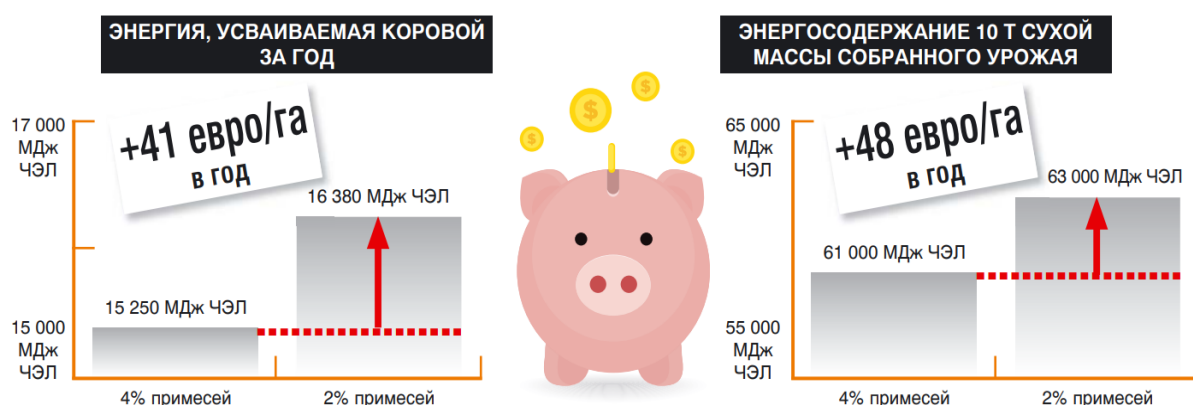


Рис. 2. Экономический эффект от снижения количества примесей в кормах

Таким образом, вышеприведенные недостатки ротационных граблей-валкователей, а также ввиду высокой их стоимости (по причине применения дорогостоящих кулачковых редукторов и карданного привода рабочих органов валкователя), привели к тому, что в Республике Беларусь в последние годы стали вновь возрождаться их предшественники – колесно-пальцевые грабли (рис. 3).



Рис. 3. Колесно-пальцевые грабли-валкователи

Отличительной особенностью колесно-пальцевых граблей-валкователей от ротационных является то, что сгребание скошенной травы осуществляется с помощью вертикально вращающихся пальцевых рабочих колес, расположенных под углом в 45–50 град к линии движения машины. При этом привод пальцевых колес осуществляется не от ВОМ трактора, как у ротационных, а от сил сцепления с растительной массой расположенной на земле, чем положительно отражается не только на стоимости машины но и на технологическом процессе сгребания зеленой массы. Дело в том, что при работе колесно-пальцевых граблей-валкователей окружная скорость пальцев рабочих колес в несколько раз ниже, чем у зубьев ротационных граблей, благодаря чему режимы работы колесно-пальцевых граблей являются щадящими, а, следовательно, их можно применять для валкования бобовых трав и бобово-злаковых смесей с многоукосной системой их заготовки. Кроме того, благодаря наличию в каждом рабочем колесе пружинной подвески, пальцы колес хорошо адаптируются к неровностям почвы, включая склоны и холмистые угодья, при этом, в сравнении с

ротационными граблями, несколько снижая засорение формируемого валка камнями, землей пылью и другими инородными включениями [6]. Однако полное исключение засорения формируемого валка известными колесно-пальцевыми граблями-валкователями не представляется возможным, так как им присущ всё тот же недостаток, что и ротационным граблям, заключающийся всё в том же принципе их работы – волочение.

Понятно, что процесс волочения травяной массы колесно-пальцевыми граблями неразрывно связан с необходимостью постоянного контакта пальцев рабочих колес с поверхностью почвы. Отсутствие выполнения данного условия приводит к прекращению работы пальцев колес в виду особенности их привода, а, следовательно, и процесса сгребания травяной массы в валок. В связи с этим учитывая данную особенность работы колесно-пальцевых граблей-валкователей в Республике Беларусь компанией ООО «Биоком Технологии» удалось разработать новый запатентованный колесный механизм сдвоенного типа (рис. 4), который по заявлению производителя на 66 % снижает засорение формируемого валка землей и пылью, а также исключает увлечения в валок камней [7].



Рис. 4. Колесно-пальцевые грабли-валкователи сдвоенного типа «Ра-Рэйк 12+12» фирмы ООО «Биоком Технологии» (Республика Беларусь)

Принцип действия данного механизма заключается в том, что заднее колесо приводит в движение переднее колесо за счет тех же сил сцепления с растительной массой расположенной на земле, при этом сгребание и перемещение травяной массы осуществляется передним колесом, диаметр которого несколько меньше заднего, обеспечивая, таким образом, формирование более чистого валка.

Заключение

Несмотря на предоставленные достоинства данной конструкции, обеспечивающие снижение содержания примесей в формируемом валке, не было обнаружено никаких теоретических и практических исследований доказывающих её эффективность. Вместе с тем, новый колесный механизм сдвоенного типа к колесно-пальцевым граблям-валкователям вызывает определенный интерес с точки зрения проверки заявленной его эффективности и возможном внедрении вместо серийно выпускаемых одноколесных механизмов, применяемых в отечественных машинах (ГРЛ-8,6,

ГРЛ-8,5 – производство ОАО «Минойтовский ремонтный завод»; ГК-630 – производство ОАО «Управляющая компания холдинга «Бобруйскагромаш»).

Список использованных источников

1. Хохрин, С.Н. Корма и кормление животных / С.Н. Хохрин. – СПб. : Лань, 2002. – 512 с.
2. Самосюк, В.Г. Стратегия развития кормопроизводства на период до 2020 года / В.Г. Самосюк, И.М. Лабоцкий, П.П. Васько // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Минск: НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2012. – С. 15–20.
3. Маклахов, А.В. Совершенствование технологии заготовки сена в рулонах // А.В. Маклахов, В.К. Углин, В.Е. Никифоров // Владимирский земледелец. – 2017. – № 4 (82). – С. 28–30.
4. Особенности технологий и техническое обеспечение заготовки кормов из трав и силосных культур // Официальный сайт предприятия РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <https://belagromech.by/news/osobennosti-tehnologij-i-tehnicheskoe-obespechenie-zagotovki-kormov-iz-trav-i-silosnyh-kultur>. – Дата доступа: 11.03.2020.
5. Тройные комбинации дисковых косилок // Проспект фирмы KUNN (Франция), 2017. – 20 с.
6. Лабоцкий, И.М. Техническое обеспечение кормоуборочных работ. Состояние и перспективы / И.М. Лабоцкий [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства: Межведомственный тематический сборник РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». В 2-х томах. – Мн. : 2013. – Вып. 46. – Т. 2. – С. 3–10.
7. Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <https://biocomtechology.by/ru/farm/type2614/id2909>. – Дата доступа: 25.03.2020.

А.Н. Юрин¹, А.В. Ващула²

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

²ГУ «Белорусская МИС»,
пос. Привольный, Республика Беларусь

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ АГРЕГАТА САМОХОДНОГО УНИВЕРСАЛЬНОГО ДЛЯ СБОРА ПЛОДОВ И ФОРМИРОВАНИЯ КРОНЫ СЕМЕЧКОВЫХ КУЛЬТУР АСУ-6 И ЕГО ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

В данной статье приведены результаты испытаний агрегата самоходного универсального для сбора плодов и формирования кроны семечковых культур АСУ-6 и экономическая эффективность его применения в агропроизводственных условиях Республики Беларусь.

Ключевые слова: испытания, агрегат самоходный, уборка плодов, обрезка деревьев, конвейер, экономическая эффективность, агротехнические требования.

A.N. Yurin¹, A.V. Vashchula²

¹RUE "SPC NAS of Belarus for the mechanization of agriculture",
Minsk, Republic of Belarus

²State Institution "Belarusian MIS",
pos. Privolny, Republic of Belarus

TEST RESULTS OF THE UNIT OF SELF-PROPELLED UNIVERSAL UNIT FOR COLLECTING FRUITS AND FORMING CROWNS OF ASU-6 SEED BAG CROPS AND ITS ECONOMIC EFFICIENCY

This article presents the test results of the self-bottomed aggregate universal for collecting fruits and forming the crown of seed crops ASU-6 and the economic efficiency of its use in the agricultural production conditions of the Republic of Belarus.

Keywords: tests, self-propelled unit, fruit harvesting, tree pruning, conveyor, economic efficiency, agrotechnical requirements.

Введение

В настоящее время в Беларуси возделывается около 20 тыс. га садов интенсивного типа (14 тыс. га – семечковые культуры) на которых ежегодно производится 150–200 тыс. тонн плодовой и ягодной продукции. [1, 2],

Наиболее трудоемкими процессами в производстве плодов семечковых культур является обрезка деревьев и уборка плодов, затраты на которые составляют 60–70 % всех трудозатрат соответственно. В настоящее время в республике эти технологические операции выполняются вручную, и на это требуется 6,1–9,2 млн. чел. ч. по республике [3, 4]. Имеющийся дефицит квалифицированных сборщиков и обрезчиков приводит к тому, что к выполнению данных технологических операций привлекаются низкоквалифицированные сезонные рабочие (школьники, студенты), что уменьшает производительность труда, приводит к снижению качества продукции и урожайности возделываемых культур на 20–30 %.

В результате ежегодно в стране не добывается 30–60 тыс. тонн плодов семечковых культур [3].

Конструкция и принцип действия агрегат самоходный универсальный для сбора плодов и формирования кроны семечковых культур АСУ-6

Для решения данной проблемы в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» на основе результатов теоретических и экспериментальных исследований, был разработан агрегат самоходный универсальный с поточным контейнеровозом для сбора плодов и формирования кроны семечковых культур АСУ-6.

Самоходный агрегат предназначен для ручного съема плодов семечковых культур, предназначенных длительного хранения, а также обрезки ветвей с помощью пневматического инструмента в садах интенсивного типа.

Агрегат АСУ-6 (в соответствии с рис. 1) состоит из машины самоходной «Беларус-300С» 1, конвейера (горизонтального) 2, конвейера (вертикального) 3, лотков 4 и 5, стоек 6, 7 и 8, привода 9, подножек 10 и 11, лонжеронов 12, стола (поворотного) 13, контейнеровоза 14, электрооборудования 15 и гидрооборудования 16, которые вместе составляют оборудования для уборки плодов.

Для выполнения технологической операции сбора плодов на агрегате имеется оборудование для уборки плодов включающее конвейер (горизонтальный), конвейер (вертикальный), лотки и стол (поворотный). Сбор плодов осуществляют 6–8 рабочих, из которых четверо находятся на подножках, а двое (четверо) в междурядье сада спереди агрегата. Рабочие, находящиеся на задних подножках, оборудованных устройством подъема, осуществляют сбор плодов с верхнего яруса деревьев. Сборщики, расположенные на задних подножках осуществляют сбор плодов с верхнего яруса деревьев. С передних подножек убирают плоды среднего яруса, а сборщики, находящиеся в междурядье – с нижнего яруса.

Собранные плоды укладываются в лотки на ленты, которые транспортируют их на конвейер горизонтальный. Конвейер горизонтальный перемещает плоды на конвейер вертикальный, который в свою очередь укладывает их в контейнер, установленный на столе поворотном. Сбор плодов продолжается до заполнения контейнера, после чего прерывается на время смены контейнера. Во время работы вертикальный конвейер автоматически поднимается по мере заполнения контейнера плодами.

После заполнения контейнера плодами оператор самоходного агрегата останавливает вращение контейнера и включает на пульте управления кнопку опускания. Гидросистемой агрегата подается масло в поршневую полость гидроцилиндра поворотного стола, и стол наклоняет контейнер заполненный плодами, который под собственным весом соскальзывает по направляющим стола в междурядье сада. Скорость соскальзывания контейнера регулируется степенью наклона стола.

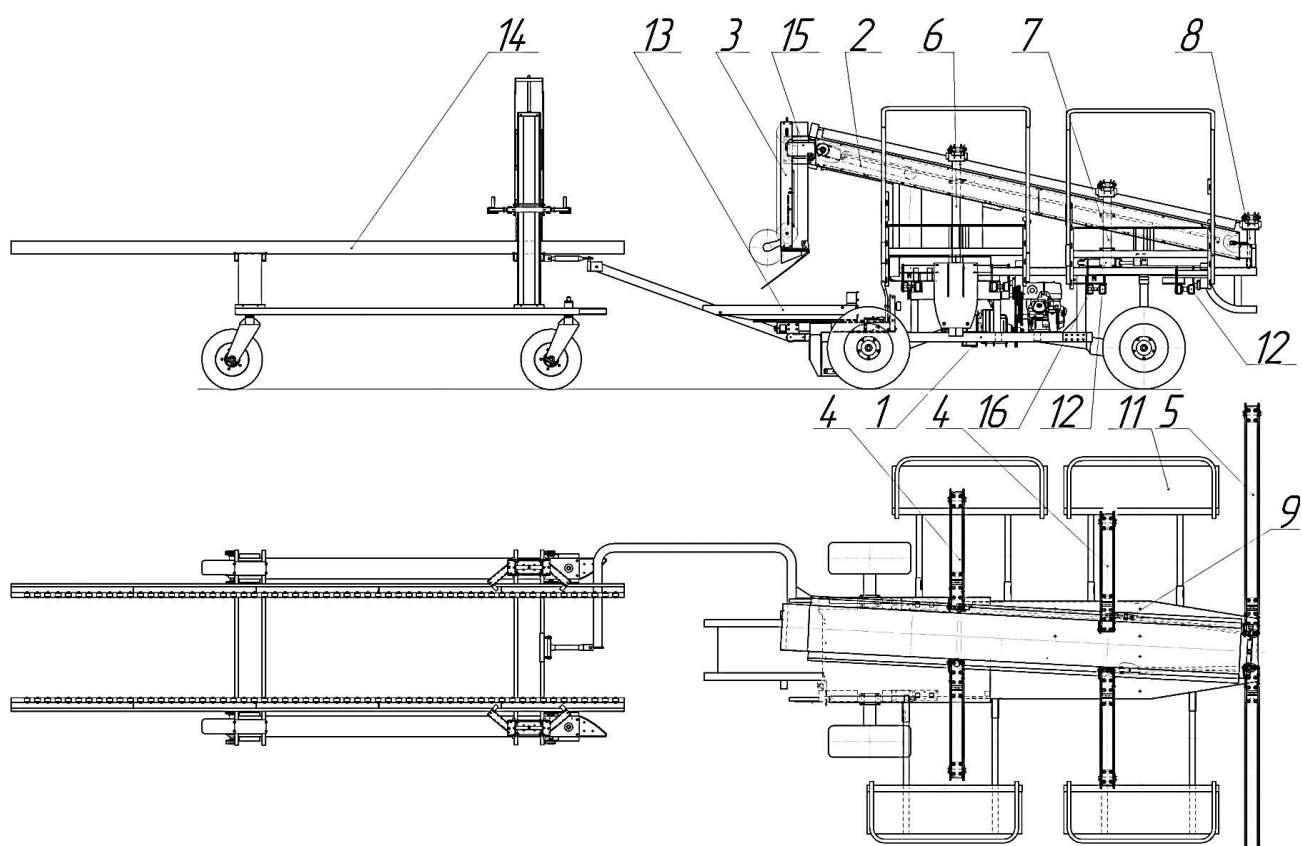


Рис. 1. Агрегат самоходный универсальный с поточным контейнеровозом

1– машина самоходная «Беларус-300С», 2–конвейер (горизонтальный), 3–конвейер (вертикальный), 4, 5–лотки, 6,7,8–стойки, 9–привод, 10, 11–подножки, 12–лонжероны, 13–стол (поворотный), 14–контейнеровоз, 15–электрооборудование, 16–гидрооборудование

После этого рабочие, находящиеся в междурядье сада снимают пустой контейнер с контейнеровоза и устанавливают его на поворотный стол агрегата. Далее цикл повторяется.

Техническая характеристика агрегата приведена в табл. 1

Т а б л и ц а 1. – Техническая характеристика агрегата АСУ-6

Наименование показателя	Значение показателя по ТЗ
1	2
1. Мощность двигателя, кВт:	9,55
2. Коробка передач:	2 передачи вперед, 1 назад
3. Рабочая скорость движения, км/ч; не более	
– переднего хода:	
– I передача	2,6
– II передача	5,1
– заднего хода	2,46
4. Количество обслуживающего персонала; чел.:	
– на обрезке	4
– на уборке	6-8
5. Масса агрегата (конструктивная), кг, не более:	2860
в т.ч.:	
– самоходной части	2300
– прицепной части	560
6. Производительность рабочего:	
– на обрезке, шт. деревьев за 1 час сменного времени	3-8
– на уборке, кг плодов за 1 час сменного времени	250-350
7. Полнота сбора плодов, %, не менее	97
8. Количество подручной падалицы, %, не более	3
9. Удельный расход топлива	
– при уборке, кг/т, не более	1,4
– при обрезке, кг/дереву, не более	0,1

Результаты приемочных и квалификационных испытаний агрегата

В 2013 году агрегат прошел приемочные испытания на ГУ «Белорусская МИС» (протокол приемочных испытаний №191 Б-1/8-2013 от 30 декабря 2013 года) [4], а в 2016 году – квалификационные (протокол №079 Д 3/8-2016Ц от 13 декабря 2016 года) [5] (рис. 2 и рис.3).

В результате приемочных испытаний агрегата получены следующие эксплуатационно-технологические и качественные показатели выполнения технологического процесса [4, 5]:

- полнота сбора плодов составила 99,5 % (по ТЗ не менее 97,0 %);
- потери плодов на земле составили 0,5 % (по ТЗ не более 3,0 %);
- массовая доля плодов с повреждениями составила 2,9 %;
- количественная доля сломанных плодовых образований составила 1,6 % (по ТЗ не более 5,0 %);
- производительность за час сменного времени при уборке плодов составила 696 кг (250–350 кг по ТЗ);
- производительность за час основного (сменного) времени при обрезке деревьев составила 18,2 (16,1) деревьев (3–8 по ТЗ);
- удельный расход топлива на уборке плодов составил 1,4 кг/т, на формировании кроны – 0,1 кг/дереву.



Рис. 2. Испытания агрегата АСУ-6 на обрезке веток



Рис. 3. Испытания агрегата АСУ-6 на уборке плодов

В целом установлено, что агрегат самоходный универсальный АСУ-6 в полном объеме выполняет требования по выполнению технологических процессов уборки плодов и обрезки деревьев в садах интенсивного типа.

Следует отметить, что в связи с отсутствием в большинстве случаев в сельскохозяйственных организациях машин для уборки плодов данные работы в настоящее время выполняются вручную. Это обстоятельство оказывает влияние на формирование кроны деревьев (высота не более 3,2 м) и соответственно на урожайность плодов. При этом эффективность плодуборочных агрегатов в значительной мере зависит от урожайности. Очевидно, что при формировании кроны с учетом применения плодуборочных платформ и повышении урожайности возделываемых плодовых культур до 40–50 т/га производительность агрегата вырастет.

Экономическая эффективность применения поворотного агрегата

Расчет экономических показателей разработанного агрегата выполнен по методике оценки новой техники (ТКП 151-2008 «Сельскохозяйственная техника. Методы экономической оценки. Порядок определения показателей» [6]) с использованием нормативно-справочных материалов и действующих тарифных ставок оплаты труда механизаторов и цен на топливо.

Исходные данные к расчету сравнительной экономической эффективности агрегата АСУ-6 приведены в табл. 2, а показатели сравнительной экономической эффективности – в табл. 3.

В качестве базовых вариантов при расчете показателей экономической эффективности была принята ручная уборка плодов в контейнеры, установленные на контейнеровозе ТКС-3 производства ООО «Стимул-Брест», агрегируемом с трактором «Беларус-82.1».

Экономия средств при эксплуатации разработанного агрегата АСУ-6 достигается в результате повышения производительности труда сборщиков плодов и снижения расхода топлива.

Так, при расчетах была использована реальная стоимость агрегата АСУ-6 производства Опытного производства РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» и ОАО «Мозырский машиностроительный завод» и стоимости серийно выпускаемых трактора «Беларус-82.1» и контейнеровоза ТКС-3. При освоении серийного производства агрегата его стоимость должна снизиться на 20-30 %. В этом случае срок окупаемости капиталовложений составит 3,0–3,7 года.

Кроме того, расчет экономической эффективности, приведенный выше, не учитывает эксплуатацию агрегата АСУ-6 для обрезки деревьев, которая в настоящее время выполняется вручную. Испытания агрегата показали, что его применение позволит повысить производительность труда на обрезке в 5–6 раз [4], что особенно актуально, так как обрезка выполняется высококвалифицированными специалистами.

Т а б л и ц а 2. – Исходные данные к расчету экономической эффективности агрегата АСУ-6

Наименование показателя	Значение по машине	
	разрабатываемой	базовой
1	2	3
Марка:		
– агрегата	АСУ-6	Контейнеровоз ТКС-3
– трактора	–	БЕЛАРУС 8211/ –
Обслуживающий персонал, чел.	6	7
Производительность, га/т		
– сменного времени	0,9	0,45
– эксплуатационного времени	0,63	0,315
Расход топлива, кг/т	1,4	2,5
Цена топлива, руб./кг	1,5	1,5
Балансовая цена (без НДС), руб.		
– агрегата	79500	32100
– трактора		10200
Коэффициент отчислений на:		
амортизацию:		
– по агрегату	0,125	0,125
– по трактору	0,03	0,083
текущий ремонт и периодическое техническое обслуживание:		
– по агрегату	0,06	0,06
– по трактору	0,099	0,099

Годовая загрузка, ч:		
– по агрегату	600	600
– по трактору	1300	1300
Годовая наработка, т	630	252
Продолжение табл. 2.		
Затраты труда, чел. ч/т	0,95	2,38
Прямые эксплуатационные затраты (себестоимость), руб./т по элементам:		
– зарплата	28,85	67,32
– амортизация	26,29	23,30
– ремонт и техническое обслуживание	12,62	12,66
– топливо	2,10	3,75
– всего	69,86	107,02
Удельные капитальные вложения, тыс. руб./т	42,06	38,95
Сумма приведенных затрат (с учетом экономического коэффициента эффективности E=0,2), руб./т	111,92	145,97

Годовая экономия затрат труда при использовании агрегата АСУ-6 на обрезке деревьев составляет 15814 чел.-ч., степень снижения затрат – 86,8 %. Годовая экономия себестоимости механизированных работ составляет 4171,8 руб., а срок окупаемости – 6 лет [4] (табл. 3).

Т а б л и ц а 3. – Сводные показатели экономической эффективности агрегата АСУ-6

Наименование показателя	Значение показателя
	Агрегат самоходный универсальный (АСУ-6) с поточным контейнеровозом в сравнении с ручным трудом с применением контейнеровоза ТКС-3
1	2
Годовой приведенный экономический эффект, руб.	12870,88
Годовая экономия себестоимости механизированных работ, руб.	7023,90
Степень снижения себестоимости механизированных работ, %	34,72
Срок окупаемости абсолютных (дополнительных) капитальных вложений, лет	6,18
Капитализированная стоимость новой техники, руб.	119102,71
Цена машины (без НДС), руб.	86620,15

Все это свидетельствует о том, что использование агрегата самоходного универсального с поточным контейнеровозом АСУ-6 экономически выгодно для сельскохозяйственных производителей республики.

Заключение

1. Агрегат самоходный универсальный АСУ-6 способен выполнять уборку плодов и обрезку деревьев в полном соответствии с агротехническими требованиями к проведению данных операций.
2. Применение агрегата позволяет повысить производительность труда на уборке плодов в 2–3 раза, а на обрезке в 5–6 раз по сравнению с ручным трудом.
3. Применение агрегата позволяет получать экономический эффект, что говорит о его экономической целесообразности.
4. Необходимо освоение серийного производства агрегата для повышения его экономической эффективности и снижения срока окупаемости.

Список использованных источников

1. Сельское хозяйство Республики Беларусь. Статистический сборник. / Национальный статистический комитет Республики Беларусь, – Минск, 2019. – 235 с.
2. Валовый сбор и урожайность фруктов и ягод в Республике Беларусь за 2019 год / Национальный статистический комитет Республики Беларусь, – Минск, 2019. – 14 с.
3. Лобачевский, Я.П., Смирнов, И.Г., Юрин А.Н., Хорт Д.О., Филиппов Р.А. // Развитие технических средств для возделывания многолетних насаждений в садоводстве России и Беларуси / Сборник ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства».
4. Протокол приемочных испытаний агрегата самоходного универсального АСУ-6 №191 Б-1/8-2013 от 30 декабря 2013 года / ГУ «Белорусская МИС», п. Привольный. 2013. – 67 с.
5. Протокол квалификационных испытаний агрегата самоходного универсального АСУ-6 №079 Д 3/8-2016Ц от 13 декабря 2016 года/ ГУ «Белорусская МИС», п. Привольный. 2016. – 72 с.
6. ТКП 151-2008 «Сельскохозяйственная техника. Методы экономической оценки. Порядок определения показателей».

А.В. Ленский, А.А. Жешко
*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: azeshko@gmail.com*

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОЦЕНКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ САМОХОДНЫХ И СТАЦИОНАРНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

В настоящей статье представлены разработанные алгоритмы оценки эксплуатационных показателей самоходных и стационарных технических средств, предназначенные для использования при автоматизированном составлении технологических карт.

Ключевые слова: стационарные и самоходные машины, монтируемое оборудование, технологическая операция, технологическая карта, технико-экономические показатели, производительность, расход топлива, объем работ, агротехнические сроки.

A.V. Lenskiy, A.A. Zheshko
*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»
Minsk, Republic of Belarus
e-mail: azeshko@gmail.com*

This article presents the developed algorithms for evaluating the performance indicators of self-propelled and stationary vehicles, intended for use in the automated compilation of technological maps.

Keywords: stationary and self-propelled machines, mounted equipment, technological operation, technological map, technical and economic indicators, productivity, fuel consumption, amount of work, agrotechnical terms

Введение

Технологические операции, выполняемые самоходными машинами и стационарным оборудованием, являются неотъемлемой частью производства большинства сельскохозяйственных культур. В частности, возделывание зерновых и корнеклубнеплодов требует подготовки семенного и посадочного материала, выполняемого стационарными машинами. Не обходится без стационарных машин и послеуборочная обработка сельскохозяйственной продукции – очистка, сушка, сортировка, калибровка, упаковка, предпродажная подготовка и многие другие операции [1–10].

Самоходные машины повсеместно используются для уборки урожая. Высококлиренсные самоходные опрыскиватели используются для ухода за сельскохозяйственными культурами, а в технологии возделывания льна применяется целый комплекс самоходных и стационарных машин.

Последние тенденции в мировом сельхозмашиностроении свидетельствуют о намерении производителей техники расширить номенклатуру продукции, производимой такими машинами как самоходные посевные агрегаты [11], самоходные разбрасыватели минеральных и органических удобрений [12].

При разработке алгоритмов расчета технико-экономических показателей операций, выполняемых самоходными и стационарными машинами, необходимо учитывать не только конструктивные особенности, но также особенности выполнения технологической операции. Например, не каждая самоходная машина оснащается бункером для временного хранения материалов, одна и та же машина может комплектоваться различными типами монтируемого оборудования, что влияет на методику расчета и на последовательность построения операций с использованием элементов интерфейса, предоставляемых пользователю.

Различные подходы при выполнении расчетов требуют разработки соответствующих алгоритмов комплектования и экономической оценки. Таким образом, это определяет основную цель

данной работы, которая заключается в разработке алгоритмов комплектования и оценки эксплуатационных показателей самоходных и стационарных машин для автоматизированного построения технологических карт возделывания сельскохозяйственных культур.

Основная часть

Разработка алгоритма комплектования и оценки эксплуатационных показателей стационарных машин

К стационарным машинам и оборудованию относятся различные по конструкции и назначению технические средства, выполнение технологических функций которых не требует их перемещения во время выполнения рабочего процесса. Таким образом, к стационарным машинам могут быть отнесены как элементы линий зерноочистительных комплексов, так и передвижные протравливатели семян или дождевальные установки.

Технологические операции, выполняемые стационарными машинами, являются частью существующих технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Как правило, стационарными машинами проводятся работы по подготовке семян к посеву, клубней к посадке или операции первичной обработки сельскохозяйственной продукции. Для зерновых культур в технологические карты включают такие операции как очистка и сушка зерна, для корнеклубнеплодов – операции по очистке, сортировке и первичной переработке.

Учитывая специфику расчета работ, выполняемых стационарными машинами, целесообразно предложить следующие принципы построения технологических операций с целью автоматизированного составления технологических карт.

Первый принцип основан на редактировании выпадающих списков и текстовых элементов ввода уже созданной базовой операции, выступающей в качестве шаблона.

Второй принцип предполагает построение операции «с нуля».

На рис. 1 в виде ER-диаграммы представлена структура данных для формирования операций, выполняемых стационарными машинами и оборудованием.

В построении задействованы 5 нормализованных таблиц, взаимодействие между которыми осуществляется посредством виртуальных (программных) связей. Дополнительные данные, такие как единицы, в которых необходимо вычислять объем выполняемых работ, сроки начала и завершения операции, минимальный и максимальный технологический разрыв в днях для взаимосвязанных операций, необходимость учета материала в затратах, дополнительные агротехнические требования и условия работы указываются пользователем при заполнении полей интерфейса.

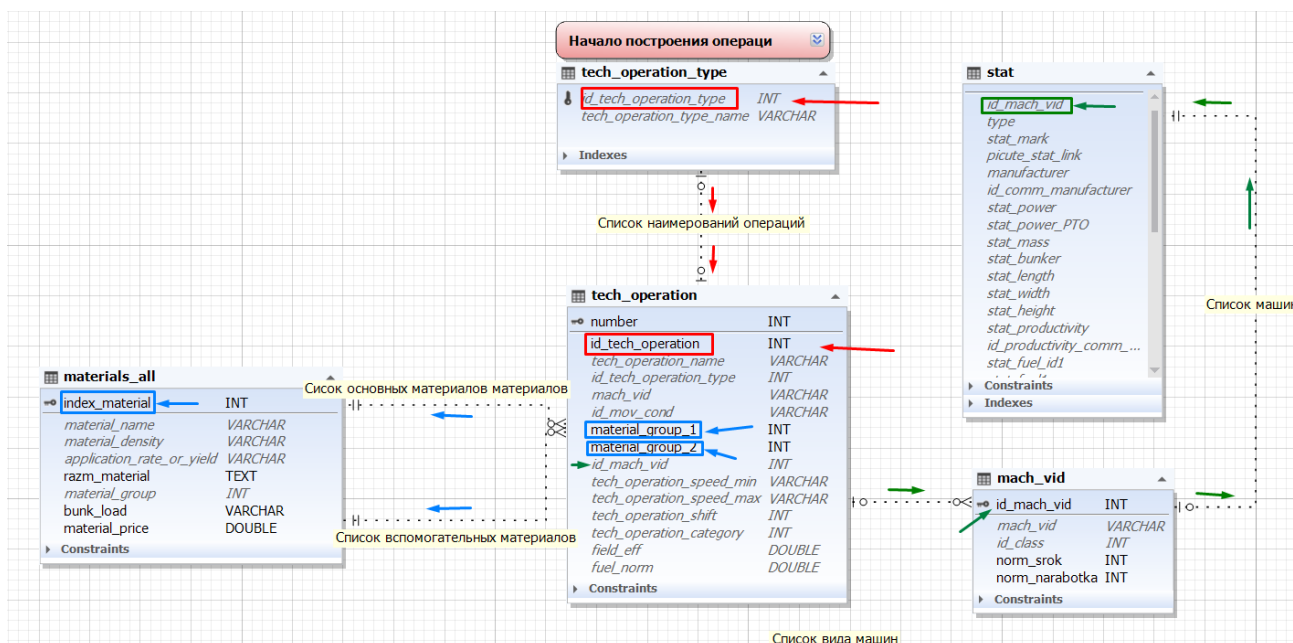


Рис. 1. ER-диаграмма структуры данных для формирования операций, выполняемых стационарными машинами

Построение новой операции, согласно рис. 1, начинается с запроса к таблице выбора типа операций. В данной таблице содержится перечень типов сельскохозяйственных работ, список которых сформирован на основании следующих принципов:

- отношение операций к определенным разделам технологической карты: основная обработка, предпосевная обработка, уборочные работы, уход за посевами; стационарные работы, такие как протравливание семян или клубней, относятся к разделу предпосевной обработки, очистка и сушка зерна;
- к разделу уборки и послеуборочной обработки семян, обработка дождевальными установками с подкормкой жидкими минеральными удобрениями – к разделу ухода за сельскохозяйственными культурами;
- выполнение операций различными классами сельскохозяйственных машин и оборудования. В отдельные классы целесообразно выделить: самоходные машины, тракторы, погрузочное оборудование, стационарные машины, автомобили и агрегируемые с трактором сельскохозяйственные машины.

Выбор определенной операции из перечня позволяет производить вычисления, связанные с материалом в бункерах машин: определение общей массы, стоимости и нормы внесения каждого из материалов. Так, для операции «Протравливание семян», как правило, используется два бункера. В первый бункер загружаются обрабатываемые семена, во второй – рабочий раствор, который состоит из воды и растворяемых в ней химических препаратов. Таким образом, выбирая наименование операции, осуществляются последовательные запросы к таблицам с перечнем материалов и с перечнем видов машин. Первый запрос предоставляет пользователю список материалов для каждого из бункеров. Кроме наименования материалов, для вычислений также становятся доступны их свойства, такие как стоимость и плотность.

Непосредственно с выбранной операцией также связан перечень машин, который может ее реализовать. Программная связь поддерживается через промежуточную нормализованную таблицу с перечнем видов машин. Такая нормализация связана с тем, что одну и ту же сельскохозяйственную операцию могут выполнять несколько видов машин. Например, протравливание семян может осуществляться с помощью стационарных или передвижных протравителей, а также с помощью непрерывных машин, встроенных в линии зерноочистительных комплексов.

После выбора вида машины из предлагаемого перечня пользователю предлагается список машин с указанием их марок. Выбор машины из списка позволяет выполнить все необходимые расчеты, поскольку после указания конкретной марки машины осуществляется запрос к базе данных машин, в которой указаны ее технические, технологические и экономические характеристики.

На рис. 2 представлена блок-схема алгоритма вычисления объема работ для стационарных машин.

После выбора всех составляющих технологической операции становятся доступными для последующих вычислений данные о материалах и объемах емкостей машины, в которых хранятся материалы, что в конечном итоге позволяет вычислить общие нормы внесения, массу, стоимость и объем работ стационарной машины.

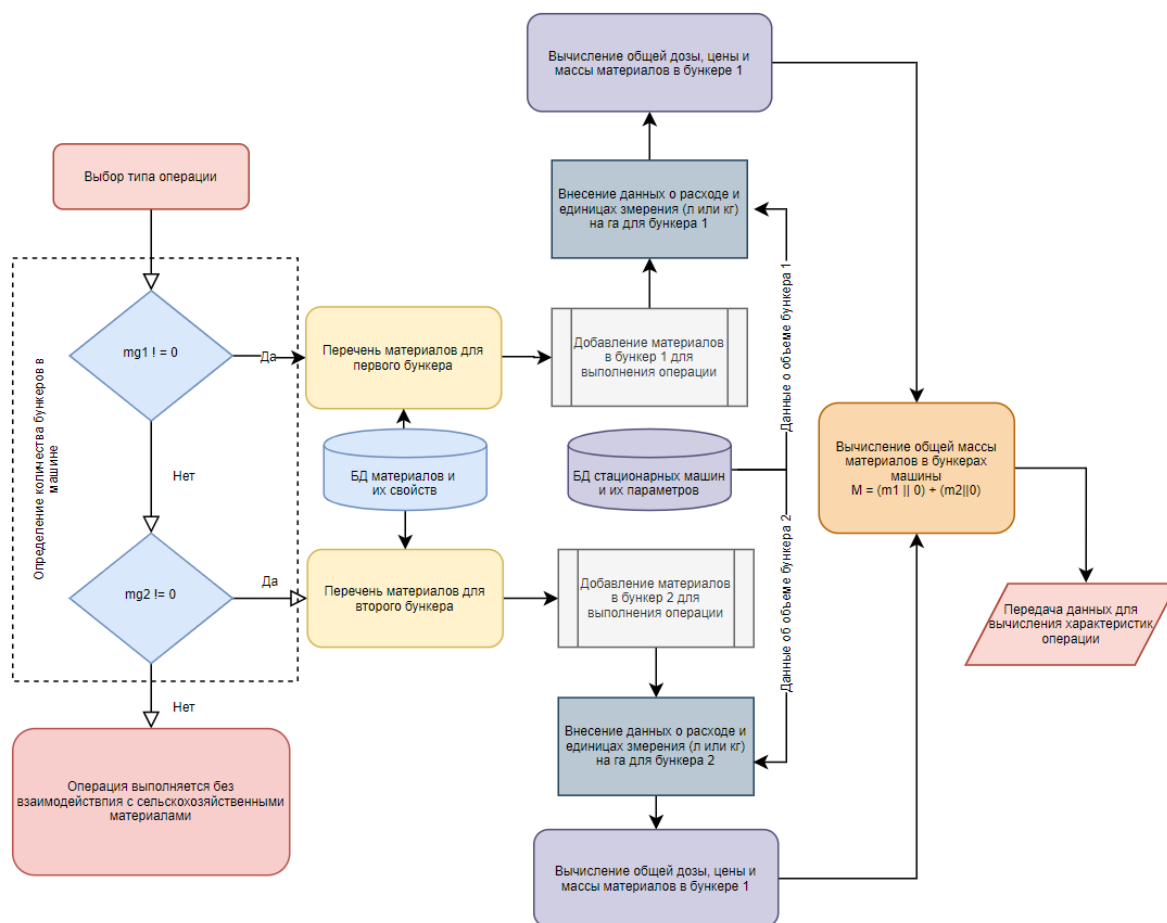


Рис. 2. Блок-схема алгоритма вычисления объема работ для стационарных машин

Для оценки эксплуатационных и экономических показателей технологической карты, используется отдельная функция для всех классов сельскохозяйственных машин и оборудования.

На рис. 3 представлена ER-диаграмма структуры данных для оценки эксплуатационных и экономических показателей для операций, выполняемых стационарными машинами.

Для стационарных машин в качестве исходных данных используются собранные при формировании операции данные: вычисленные значения затрат на материалы для каждого из бункеров, характеристики машины, необходимые для выполнения расчетов и общие экономические параметры.

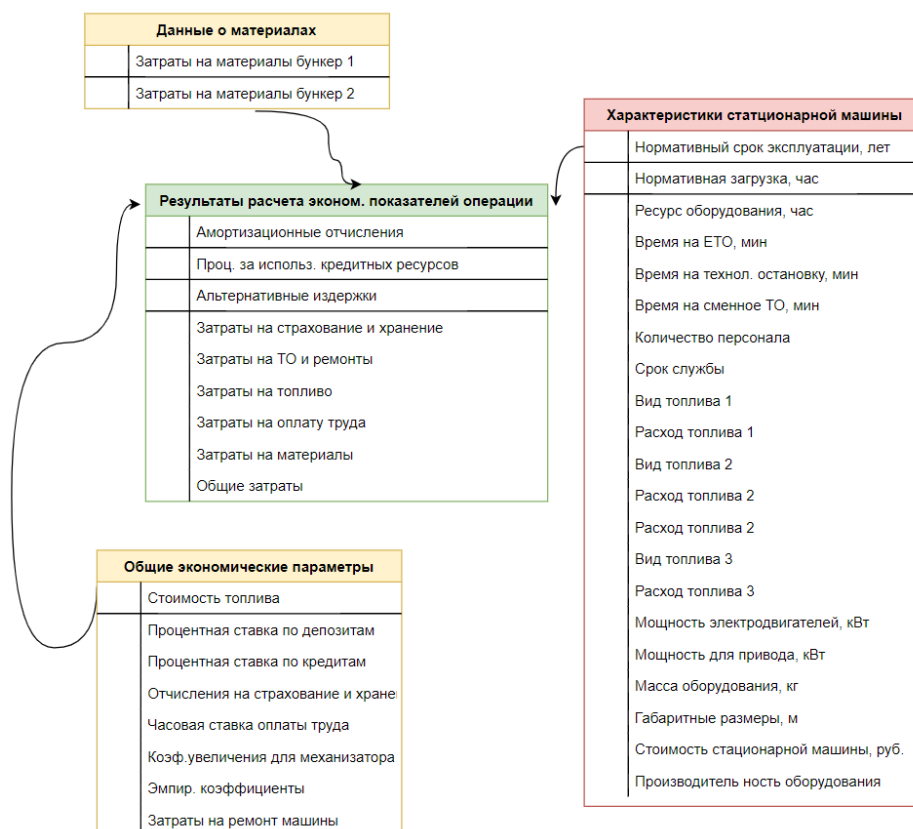


Рис. 3. ER-диаграмма структуры данных для оценки эксплуатационных и экономических показателей для операций, выполняемых стационарными машинами

Разработка алгоритма комплектования и оценки эксплуатационных показателей самоходных машин

Согласно принятой классификации, к самоходным сельскохозяйственным машинам относятся технические средства, приводимые в движение собственным двигателем, рабочий процесс которых осуществляется преимущественно при движении по обрабатываемому участку, за исключением транспортных и погрузочных технических средств, вынесенных в отдельные классы машин.

Причина такого деления объясняется особенностями выполняемых операций и методами расчета данных работ в технологических картах. Таким образом, к самоходным агрегатам необходимо относить все виды уборочной техники: комбайны для уборки зерна, кормовых культур, корнеклубнеплодов и льна, а также самоходные опрыскиватели, самоходные машины для внесения минеральных удобрений и т.п.

Самоходным машинам присущи характерные конструктивно-технологические особенности, которые необходимо учитывать при построении технологических операций:

- необходимо иметь в виду, что не все самоходные машины оснащены бункерами для временного хранения материалов, например, комбайны во время раздельной уборки не используют бункер, также без временного хранения обрабатываемого материала работают косилки, валкообразователи, кормоуборочные комбайны и другая техника. Подобные технологические особенности необходимо принимать во внимание при формировании технологических операций для самоходных машин;
- для агрегатирования с самоходными машинами может использоваться различное монтируемое оборудование. В этой связи, интерфейс пользователя должен предоставлять возможность указания типа монтируемого оборудования на самоходную машину с возможностью редактирования необходимых конструктивно-технологических параметров;
- большинство операций, выполняемых самоходной сельскохозяйственной техникой, являются взаимосвязанными с вспомогательными операциями, такими как погрузочные, разгрузочные или транспортные работы. В подобных операциях

самоходная машина, как правило, выполняет основную работу, поэтому транспортные и погрузочные агрегаты (или их группа) должны соответствовать ей по производительности. Интерфейс технологической карты должен иметь возможность выделения комплекса взаимосвязанных операций;

- одним из основных отличий при формировании технологической операции, выполняемой самоходной машиной, является необходимость указания границ обрабатываемого участка. Такое требование присуще не только для всех сельскохозяйственных машин, агрегируемых с трактором, но и для самоходных машин. Указание границ обрабатываемого участка на спутниковой карте позволяет вычислить оптимальные траектории движения машины по обрабатываемому полю и определить производительность и расход топлива для конкретных производственных условий.

На рис. 4 в виде ER-диаграммы представлена структура данных для формирования операций, выполняемых самоходными машинами и оборудованием. В построении задействованы 7 нормализованных таблиц, взаимодействие между которыми осуществляется посредством программных связей.

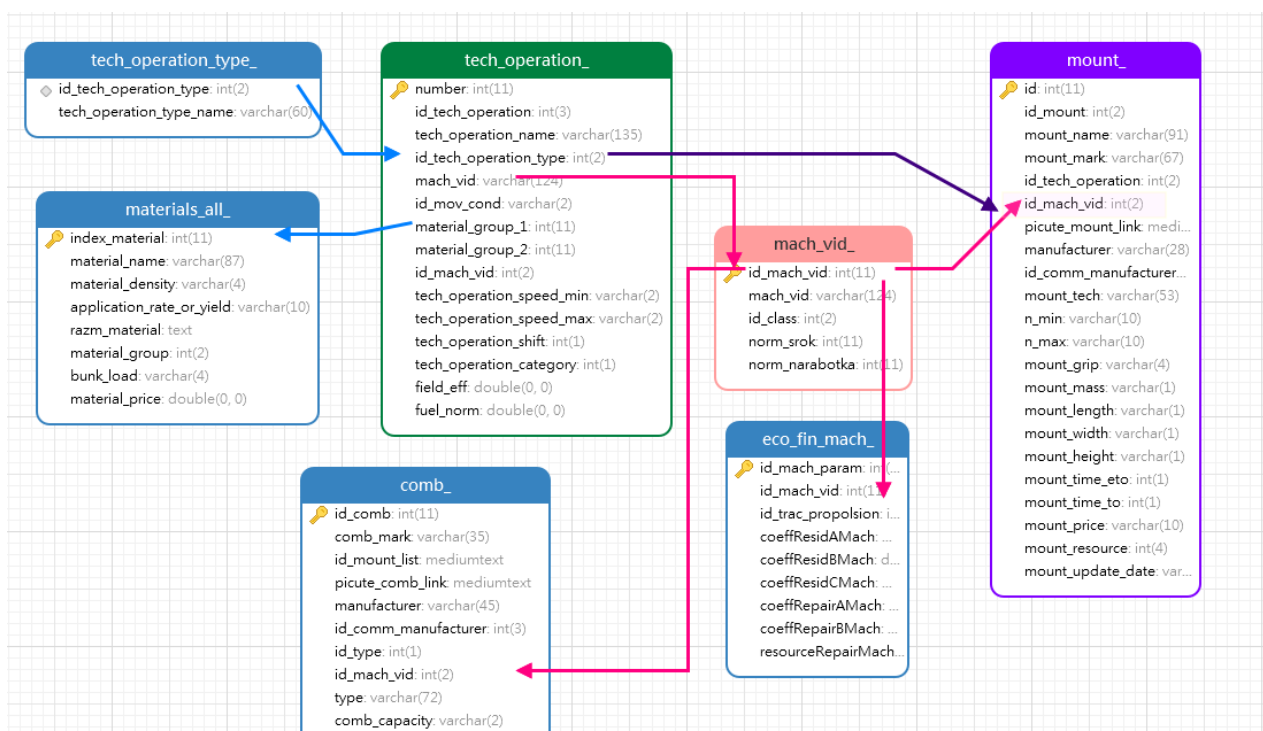


Рис. 4. ER-диаграмма модели данных для формирования операций, выполняемых самоходными машинами

Недостающие данные для расчета технологической операции указываются во время построения в интерфейсе пользователя путем выбора соответствующих данных из выпадающих списков или внесения информации в текстовые элементы.

Таким образом, начало формирования технологической операции для самоходных машин предполагается начинать с выбора типа операции, а затем, по аналогии со стационарным оборудованием, из выпадающего списка необходимо указывать конкретную операцию, выполняемую самоходной машиной.

Самоходные машины могут располагаться в следующих разделах нормализованных таблиц по типу выполняемых операций: заготовка кормов – самоходные кормоуборочные комбайны, подборщики, валкообразователи; уборочные работы – прямое комбайнирование и подбор валков, комбайновая уборка картофеля, уборка сахарной свеклы самоходными комбайнами; уход за посевами – самоходные опрыскиватели и машины для внесения жидких минеральных удобрений.

После выбора конкретного типа операции из выпадающего списка, становится доступным идентификационный номер применяемого материала, по значению которого можно определить, используется ли в самоходной машине бункер для временного хранения материала. Проверка

осуществляется в соответствии с алгоритмом, блок-схема которого представлена на рис 5.

Параллельно с вычислением массы материала в бункере осуществляется запрос данных о производительности и расходе топлива при работе самоходной машины на конкретном производственном участке, что достигается за счет предварительного указания границ участка на спутниковой карте и дальнейших вычислений оптимальной траектории движения самоходной машины с учетом указанных конструктивных и кинематических параметров.

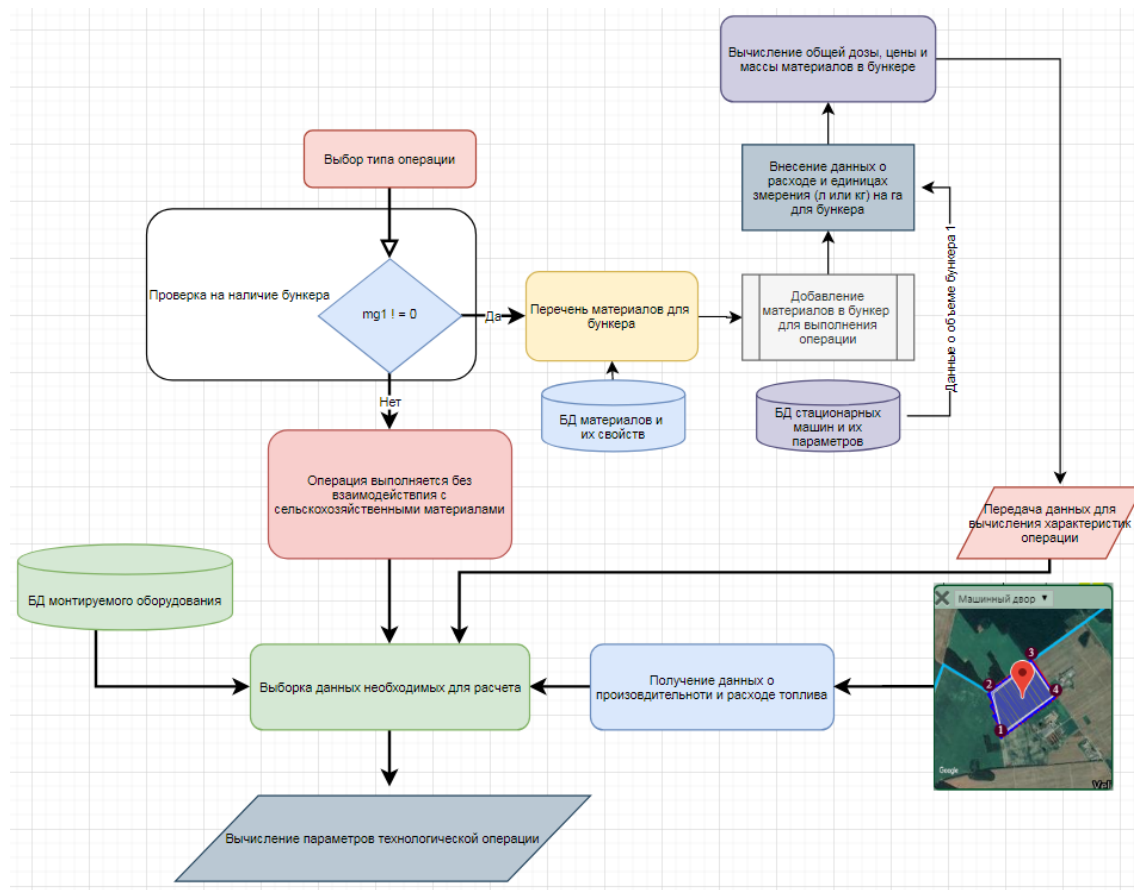


Рис. 5. Блок-схема алгоритма вычисления эксплуатационных показателей технологической операции выполняемой самоходными машинами с учетом конкретных производственных условий

Заключение

Для построения технологических операций, выполняемых стационарными машинами, предложена структура данных, представленная на ER-диаграмме, разработан алгоритм вычисления объема работ и оценки эксплуатационных и экономических показателей, что позволяет эффективно сформировать технологическую операцию путем выбора из выпадающих списков и указания в текстовых элементах ввода необходимой для вычисления информации.

Предложена структура данных для расчета эксплуатационных и экономических показателей технологической операции, выполняемой стационарной машиной, в которой предусмотрена возможность учета материалов в затратах на выполнение операции, технических особенностей машины и общих экономических параметров. Предложенная структура данных позволяет повысить точность вычисления экономических показателей выполнения технологической операции.

Предложен алгоритм комплектования самоходной машины монтируемым оборудованием. Структура данных реализована по принципу один – ко многим. Виртуальная связь между конкретной самоходной машиной в базе данных имеет связь через индексы со многими элементами навесного оборудования, что позволяет путем выбора необходимого монтируемого элемента из выпадающего списка скомплектовать самоходный агрегат.

Список использованных источников

1. Оптимизация состава грузового автомобильного транспорта и его использование в сельскохозяйственных предприятиях : монография / А.П. Курносов и др. – Воронеж : ФГОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2009. – 218 с.
2. Ленский, А.В. Оценка условий эксплуатации машинно-тракторных агрегатов / А. Сайганов, А. Ленский // Аграрная экономика. – 2015. – № 8(243). – С. 50–61.
3. Ленский, А.В. Формирование эффективной системы машин для механизации растениеводства / А.В. Ленский. – Минск : НППЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2018. – 377 с.
4. Ленский, А.В. Анализ методов расчета оптимальных маршрутов движения машинно-тракторного агрегата по полевому участку произвольной конфигурации / А.В. Ленский, А.А. Жешко // Межвед. темат. сб. / НППЦ НАН Беларуси по механизации сел. хоз. – Минск, 2018. – Вып. 51 : Механизация и электрификация сельского хозяйства – С. 212–220
5. Зангиев, А.А. Эксплуатация машинно-тракторного парка / А.А. Зангиев, А.В. Шпилько, А.Г. Левшин. – 2-е изд. – М.: КолосС, 2008. – 320 с.
6. Концепция системы машин и оборудования для реализации инновационных технологий производства, первичной переработки и хранения основных видов сельскохозяйственной продукции до 2015 и на период до 2020г : (рекомендации по применению) / Национальная академия наук Беларуси [и др.] ; подгот. : В.Г. Гусаков [и др.]. – Минск : НАН Беларуси, 2014. – 138 с.
7. Оптимизация состава средств механизации для растениеводства: методические рекомендации / И.И. Пиуновский [и др.] ; под ред. И.С. Нагорского. – Минск: РУНИП «ИМСХ НАН Беларуси», 2004. – 37 с.
8. Ленский, А. В. Типизация условий эксплуатации – основа формирования рационального парка машин для растениеводства / А. В. Ленский, Е. Г. Родов, П. М. Шмарловский // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер.аграр.навук. – 2007. – №2. – С. 88-95.
9. Гниломёдов, В.Г. Научные основы организации машиноиспользования в АПК // Методические рекомендации / В. Г. Гниломёдов, Д. С. Сазонов, М. П. Ерзамаев, П. А. Ишкин. — Кинель : Самарская ГСХА, 2017. — 55 с.
10. Журавлев, С.Ю. Минимизация энергозатрат при использовании машинно-тракторных агрегатов // Монография. — Красноярск : Красноярский ГАУ, 2014. — 256 с.
11. AgriLand – The Home of UK Agriculture [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.agriland.co.uk/farming-news/video-do-you-have-enough-work-for-a-self-propelled-drill/>. – Date of access: 28.05.2020.
12. JRiley [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.jrileyagri.co.uk/htspreader.html> /. – Date of access: 28.05.2020.

А.Н. Юрин¹, А.В. Ващула²¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь²ГУ «Белорусская МИС»,
пос. Привольный, Республика Беларусь

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ КОМПЛЕКСА КУВ-1,8 И ЕГО ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

В данной статье приведены результаты испытаний комплекса уборки веток КУВ-1,8 и экономическая эффективность его применения в агропроизводственных условиях Республики Беларусь.

Ключевые слова: испытания, комплекс уборки веток, валкователь веток, измельчитель веток, экономическая эффективность, агротехнические требования.

A.N. Yurin¹, A.V. Vashchula²¹RUE "SPC NAS of Belarus for the mechanization of agriculture",
Minsk, Republic of Belarus²State Institution "Belarusian MIS",
pos. Privolny, Republic of Belarus

TEST RESULTS OF THE KUV-1.8 COMPLEX AND ITS ECONOMIC EFFICIENCY

This article presents the test results of the KUV-1.8 branch cleaning complex and the economic efficiency of its use in the agricultural production conditions of the Republic of Belarus.

Keywords: tests, branch cleaning complex, branch rake, branch shredder, economic efficiency, agrotechnical requirements.

Введение

Важным агротехническим приемом по уходу за садом является обрезка деревьев, которая обеспечивает формирование кроны с заданными параметрами, что позволяет увеличить частоту периодов плодоношения, улучшает зимостойкость и качество плодов, исключает образование разлома ветвей и увеличивает урожайность.

В зависимости от конструкции насаждения и его возраста объем срезаемых ветвей достигает 3-28 т/га [1]. Такое количество отходов требует проведения технологических операций по их утилизации.

В настоящее время наиболее распространенной в республике является технология сволокивания срезанных ветвей за пределы сада при помощи волокуши типа В-2,5М и СВ-1 с последующим вывозом за пределы сада и сжиганием. Подобная технология обладает рядом недостатков. При сволокивании сучьев из междурядий они накапливаются в рабочем объеме волокуши, выходят за ее пределы и, цепляясь за деревья, срывают плодовые почки и ломают ветви, что приводит к ежегодным потерям урожая, достигающим 56-140 кг/га [1].

Недостатком также является нерациональное использование плодовой древесины – сжигание, которое приводит к загрязнению окружающей среды. Так, с каждой тонны сожженных веток в воздух выделяется 2–3 кг оксида углерода, 0,2 кг диоксида серы и других вредных веществ. Это оказывает токсичное действие на природную экосистему и здоровье человека. При этом, кроме загрязнения окружающей среды, происходит выжигание почвы. Из сельскохозяйственного оборота изымается до 2 % плодородной почвы [1].

Поэтому проблема утилизации и рационального использования отчуждаемой плодовой древесины является актуальной.

Конструкция и рабочий процесс комплекса уборки веток плодовых деревьев КУВ-1,8

Для решения данной проблемы в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» на основе результатов теоретических и экспериментальных исследований, был разработан комплекс уборки веток плодовых деревьев КУВ-1,8.

Комплекс уборки веток плодовых деревьев КУВ-1,8 предназначен для одновременного валкования и измельчения срезанных и уложенных в валок веток садовых деревьев и кустарников с разбрасыванием щепы на поверхности.

Комплекс агрегируется с тракторами класса 1,4.

Техническая характеристика комплекса приведена в таблице 1.

Комплекс состоит из следующих основных узлов: измельчителя и валкователя (рис. 1).



Рис. 1. Комплекс уборки веток плодовых деревьев КУВ-1,8
а – валкователь веток; б – измельчитель веток

Измельчитель веток навешивается на заднюю навеску трактора и состоит из рамы с навесным устройством, ротора с молотками, вала карданного, редуктора, ременного привода и опорного катка. Ротор измельчителя имеет 12 измельчающих молотков, подвешенных шарнирно. Привод измельчителя обеспечивает рабочую частоту вращения ротора с молотками не менее 2200 об/мин.

Измельчитель имеет возможность регулировки высоты расположения рабочих органов относительно уровня земли в диапазоне от 10 до 40 мм.

Валкователь веток состоит из навесного устройства, двух поводков, двух щеточных узлов с опорными колесами, гидросистемы и механизма регулировки ширины захвата (табл. 1).

Т а б л и ц а 1. – **Техническая характеристика комплекса уборки веток**

Наименование показателя	Значение
1. Агрегатирование	«Беларус-80/82»
2. Масса, кг, всего	1120
в том числе	
– измельчителя	820
– валкователя	300
3. Конструктивная ширина захвата измельчителя, м	1,78
4. Рабочая скорость, км/ч	1,7–2,2
5. Конструктивная ширина валкователя, м	2,1–4,8
Производительность, га за 1 час времени:	
– основного	0,55–0,68
– сменного	0,4–0,49

Навесное устройство для валкователя обеспечивает присоединение валкователя в передней части тракторов класса 1,4.

Поводки валкователя имеют гидрофицированный механизм перевода рабочих органов из рабочего положения в транспортное.

Щеточные узлы приводятся во вращение посредством гидромоторов гидросистемы валкователя веток.

Валкователь имеет возможность регулировки высоты расположения рабочих органов относительно уровня земли в диапазоне как минимум от 10 до 40 мм.

Рабочий процесс комплекса уборки веток заключается в следующем.

Трактор с навешенными валкователем и измельчителем веток въезжает в сад. Тракторист переводит комплекс уборки веток в рабочее положение и начинает движение по проходу сада. Валкователь веток, расположенный на специальном начесном устройстве впереди трактора, образует валок из срезанных веток между колес трактора. Измельчитель веток переламывает ватки и равномерно распределяет измельченную массу по проходу.

Результаты приемочных испытаний процесс комплекса уборки веток плодовых деревьев КУВ-1,8

Приемочные испытания комплекса уборки веток проходили в СПК «им. В.И. Кремко» Гродненского района в 2014–2015 годах (рис. 2 и рис. 3).

Условия проведения испытаний комплекса приведены в таб. 2.



Рис. 2. Комплекс уборки веток плодовых деревьев КУВ-1,8 на испытаниях в СПК «им. В.И. Кремко»

По результатам приёмочных испытаний комплекса уборки веток плодовых деревьев КУВ-1,8 получен протокол № 043 Б 1/8-2015ИЦ от 22 мая 2015 года [2].



Рис. 3. Испытания комплекса уборки веток в СПК «им. В.И. Кремко»

а) междурядье сада с обрезанными ветками до прохода комплекса; б) междурядье сада после прохода комплекса

Т а б л и ц а 2. – Условия проведения испытаний комплекса

Наименование показателя	Значение по ТЗ	По результатам испытаний		
1	2	3		4
Место проведения испытаний	СПК «им. В.И. Кремко»			
Сроки проведения испытаний	03.10.2014–15.04.2015			
Условия испытаний:				
Рельеф, град	8,0, не более	Ровный и с уклоном до 2		
Микрорельеф	Мелкогребнистый	Мелкогребнистый		
Характеристика насаждений:				
Вид насаждений	–	Вишни		Яблони
Ширина междурядья, м	3,0–4,5	4,5	4,0	4,5
Влажность почвы в слое 0–10 см, МПа	–	45,1		25,6–45,1
Твердость почвы в слое 0-10 см, МПа	–	2,5		1,9–2,5
Высота деревьев, м	–	2,7	2,5	2,1–3,2
Форма кроны	–	Округлая		Разреженно-ярусная, округлая
Ширина кроны деревьев, м	2,0, не более	3,0	2,8	2,4–3,4
Влажность срезанных веток, м	–	49,3		45,1–49,3
Возраст насаждений, лет	–	5	4	5–12
Ширина валка веток, см	–	190	180	165–212
Длина срезанных веток, см	–	111	108	110–155
Диаметр веток, мм:	–			
– средний		29	24	24–29
– максимальный		38	38	38–70
Линейная плотность валка, кг/м. пог.	–	0,85	0,80	0,80–2,3

При проведении испытаний установлено, что при работе в садах интенсивного типа с междурядьем 4 и 4,5 метра комплекс обеспечивает полноту сбора и измельчения веток 94 и 98,2 % соответственно (табл. 3). При этом максимальный диаметр сгребаемых и измельчаемых веток составил 70 мм, а массовая доля расщепленных обрезков не более 0,8 %.

Производительность комплекса в агрегате с трактором «Беларус 820» за час основного времени составила 0,55-0,68 га/ч. Расход топлива 16,2–19,9 кг/га.

Т а б л и ц а 3. – **Функциональные показатели комплекса**

Наименование показателя	Значение показателя		
	По ТЗ	По результатам испытаний	
		Фон 1	Фон 2
1	2	3	4
Состав агрегата, марка: – комплекса – трактора	КУВ-1,8 Трактора кл. 1,4	КУВ-1,8 «Беларус-82.1»	
Вид работы	Валкование и измельчение срезанных и уложенных в валок веток садовых деревьев и кустарников с разбрасыванием щепы на поверхности	Валкование и измельчение срезанных и уложенных в валок веток садовых деревьев и кустарников с разбрасыванием щепы на поверхности	
Место проведения испытаний	–	СПК им. В.И. Кремко, Гродненского района	
Дата проведения испытаний		19.02.2015	01.04.2015
Режим работы:			
Рабочая скорость, км/ч	2,0-4,0	1,8	1,7
Ширина междурядья, м	3,0-4,5	4,5	4,0
Показатели качества выполнения технологического процесса			
Полнота сбора и измельчения веток, %	97,0 не менее	94,0	98,2
Массовая доля расщепленных обрезков %	1,0 не более	0,8	0,8
Повреждение насаждений, %	–	0	0

Анализ проведенных испытаний показал, что комплекс в целом, соответствует требованиям технического задания и обеспечивает качественное выполнение технологических процессов валкования веток плодовых деревьев и их измельчение в садах интенсивного типа с междурядьем 4,0 и 4,5 метра. Некоторое снижение полноты сбора и измельчения веток в садах с междурядьем 4,5 метра происходило вследствие наличия гребня почвы у основания ряда насаждений, затрудняющего сгребание веток. В то же время агротехническими требованиями к саду оговаривается недопустимость подобного явления в садах интенсивного типа.

На основании полученного протокола приемочных испытаний Приёмочная комиссия Актом №16-02 от 29 арта 2016 года установила, что опытный образец комплекса уборки веток КУВ-1,8 соответствует требованиям технического задания, считает образец выдержавшим приемочные испытания и рекомендует к постановке на производство.

На основании решения комиссии были утверждены технические условия ТУ ВУ 100230575.462-2015 на комплекс и получен сертификат соответствия [3].

Экономическая эффективность применения комплекса уборки веток плодовых деревьев КУВ-1,8

Расчет экономических показателей использования комплекса уборки веток плодовых деревьев КУВ-1,8 производился по результатам эксплуатационно-технологической оценки на валковании и измельчении веток плодовых деревьев в сравнении с импортным валкователем-измельчителем BG2-180 фирмы Perfect (Нидерланды).

Расчет экономических показателей выполнен по ТКП 151-2008 «Испытания сельскохозяйственной техники. Методы экономической оценки. Порядок определения показателей» [4] с использованием нормативно-справочных материалов и действующих тарифных ставок оплаты труда механизаторов и стоимости топлива.

Исходные данные к расчету сравнительной экономической эффективности комплекса приведены в табл.4, а показатели сравнительной экономической эффективности – в табл. 5.

В результате расчета сравнительных показателей экономической эффективности при работе комплекса в садах с междурядьем 5,0 м было установлено:

– годовой приведенный экономический эффект составил 3950,39 руб;

– годовая экономия себестоимости механизированных работ в размере 1966,29 руб. делают окупаемым комплекс за 5,21 года;

Т а б л и ц а 4. – Исходные данные расчету экономической эффективности комплекса уборки веток КУВ-1,8 в садах с междурядьем 5,0 м (в скобках – 4,0 м)

Наименование показателя	Значение по машине	
	разрабатываемой	базовой
1	2	3
Марка: – агрегата – трактора	КУВ-1,8 «Беларус-82.1»	ВГ2-180 «Беларус-82.1»
Обслуживающий персонал, чел., по категориям: тракторист (количество/разряд)	1	1
Производительность, т/ч – сменного времени – эксплуатационного времени	0,45 (0,49) 0,39 (0,43)	0,54 0,47
Расход топлива, кг/га	19,93 (16,22)	20
Стоимость топлива, руб./кг	1,3	1,3
Балансовая цена (без НДС), руб. – агрегата – трактора	10250 42100	25500 42100
Коэффициент отчислений на: амортизацию: – по агрегату – по трактору	0,1 0,083	0,1 0,083
текущий ремонт и периодическое техническое обслуживание: – по агрегату – по трактору	0,1 0,099	0,1 0,099
Годовая загрузка, ч: – по агрегату – по трактору	200 1300	200 1300
Годовая наработка, т	78,3 (85,2)	93,96
Затраты труда, чел. ч/т	2,22 (2,04)	1,85
Прямые эксплуатационные затраты (себестоимость), руб./т по элементам:		
– зарплата	3,40 (3,12)	2,83
– амортизация	19,96 (18,33)	32,86
– ремонт и техническое обслуживание	21,28 (19,54)	33,96
– топливо	25,91 (21,09)	26,00
– всего	70,55 (62,08)	95,66
Удельные капитальные вложения, руб./т	42,73 (39,24)	68,06
Сумма приведенных затрат (с учетом экономического коэффициента эффективности E=0,2), руб./т	113,27 (101,32)	163,72

В результате расчета сравнительных показателей экономической эффективности при работе комплекса в садах с междурядьем 4,0 м было установлено, что:

- годовой приведенный экономический эффект составил 5320,78 руб;
- годовая экономия себестоимости механизированных работ в размере 2862,95 руб. делают окупаемым комплекс за 3,58 года;

Т а б л и ц а 5. – Показатели сравнительной экономической эффективности в садах с междурядьем 5,0 м (в скобках – 4,0 м)

Наименование показателя	Значение
1	2
Годовой приведенный экономический эффект, тыс. руб.	3950,39 (5320,78)
Годовая экономия себестоимости механизированных работ, тыс. руб.	1966,29 (2862,95)
Степень снижения себестоимости механизированных работ, %	26,25 (35,10)
Срок окупаемости абсолютных (дополнительных) капитальных вложений, лет	5,21 (3,58)
Капитализированная стоимость новой техники, тыс. руб.	23 417,97 (27 985,94)

В соответствии с договором № 1750 от 27 декабря 2017 года и дополнительного соглашения № 1 от 29 декабря 2018 года на ОАО Пинский винодельческий завод» осуществляется отработка технологии валкования и измельчения лозы винограда.

Анализ результатов внедрения технологии, который проводился на виноградной лозе и ветках плодовых деревьев показал, что на площадях где проводилась утилизация древесных отходов урожайность винограда выросла на 15 %, а яблок на 18 %. При этом отмечено снижение затрат труда на 110 и 135 чел. час/га соответственно по сравнению с ручным трудом.

Полученные результаты позволяют констатировать, что применение комплекса уборки веток КУВ-1,8 для проведения технологической операции уборки веток плодовых деревьев выгодно для сельскохозяйственных производителей.

Заключение

5. В результате проведения приемочных испытаний установлено, что комплекс КУВ-1,8 в полной мере соответствует требованиям технического задания и ТКП.

6. Годовой приведенный экономический эффект от применения комплекса уборки веток КУВ-1,8 составляет 3950,39 руб. (при ширине междурядий 4,0 м – 5320,78 руб.), а срок окупаемости – 5,1 года (3,6 года), что позволяет говорить о высокой эффективности разработанного комплекса.

7. Эксплуатация комплекса в производственных условиях ОАО Пинский винодельческий завод» показала, что его применение позволяет повысить урожайность винограда на 15 %, а яблок на 18 %.

Список использованных источников

4. Рекомендации по утилизации и использованию отработанной биомассы садов и ягодников в Республике Беларусь : науч. – практ. изд. / РУП «Институт плодководства ; сост. : В.А. Самусь [и др.]. – Самохваловичи, 2011. – 24 с.
5. Протокол приемочных испытаний комплекса уборки веток КУВ-1,8 № 043 Б 1/8-2015ИЦ от 22 мая 2015 года / ГУ «Белорусская МИС», – п. Привольный, 2013. – 67 с.
6. Сертификат.
7. ТКП 151-2008 «Сельскохозяйственная техника. Методы экономической оценки. Порядок определения показателей».

Д.И. Комлач, В.В. Голдыбан, И.А. Барановский
*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: labpotato@mail.ru*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ВЫСЕВАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ПРИ ТОЧНОМ ВЫСЕВЕ СЕМЯН САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

В статье представлены экспериментальные исследования макетной установки электромеханической высевающей системы при точном высеве сахарной свеклы. Приведены оптимальные параметры избыточного давления в семенной камере и частоты вращения высевающего диска электромеханической высевающей системы при точном высеве сахарной свеклы.

Ключевые слова: высевающая секция, семена сахарной свеклы, высевающий диск, избыточное давление, посев.

D.I. Komlach, V.V. Goldyban, I.A. Baranovsky
*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»
Minsk, Republic of Belarus
e-mail: labpotato@mail.ru*

EXPERIMENTAL STUDIES OF THE MAIN PARAMETERS OF AN ELECTROMECHANICAL SEEDING SYSTEM FOR PRECISE SEEDING OF SUGAR BEET SEEDS

The article presents experimental studies of a mock-up installation of an electro-mechanical seeding system for precise seeding of sugar beet. The optimal parameters of the excess pressure in the seed chamber and the rotation speed of the seeding disk of the Electromechanical seeding system for precise seeding of sugar beet are given.

Keywords: seeding section, sugar beet seeds, seeding disc, overpressure, seeding.

Введение

Возделыванием сахарной свеклы в Беларуси занимается 378 сельскохозяйственных организаций на площади 101,5 тыс. га. Средняя площадь посева на одно хозяйство составляет 260 га. Валовый сбор превышает 4,9 млн тонн. По оценке специалистов концерна «Белгоспищепром», это позволило не только в полном объеме обеспечить внутренние потребности страны в сахаре, но и существенно увеличить экспорт. Емкость внутреннего рынка республики составляет примерно 350 тыс. тонн сахара в год и уже на протяжении многих лет предприятия отрасли удовлетворяют её полностью.

Экспортная поставка свекловичного сахара – 200 тыс. тонн. Средняя урожайность сахарной свеклы в 2019 году составила 519 ц/га [1].

К концу 2020 года, согласно Государственной программе развития аграрного бизнеса Республики Беларусь на 2016–2020 годы, было запланировано увеличение объемов производства сахарной свеклы за счет роста её урожайности на 51 % от уровня 2015 года.

Индикатором развития свеклосахарного подкомплекса к 2020 году должно быть достижение объемов производства сахарной свеклы средней сахаристости до 17 % в хозяйствах всех категорий на уровне не менее 4,9 млн. тонн на площади 98,1 тыс. гектаров [2].

Только качественный посев, ведущий к достаточно высокой полевой всхожести с оптимальным размещением растений по площади питания, создает предпосылки для использования генетического потенциала и получения наивысшего сбора сахара с одного гектара. Ошибки при посеве, ведущие к изреженности, а значит к неравномерному распределению недостаточного числа растений на поле, позднее поправить уже невозможно. Оптимальной густотой насаждения растений свеклы считается 85–110 тыс. растений на 1 га [3].

Но густота не является единственным определяющим фактором в формировании урожая свеклы. Важна также равномерность распределения растений в рядке. Равномерное распределение

растений сахарной свеклы по полю обеспечивает наилучшую площадь питания, положительно влияет на качество срезки ботвы, препятствует засоренности, которая усложняет уборку и может снизить урожайность. Согласно агротехническим требованиям неравномерность от заданной нормы высева семян должна составлять $\pm 2\%$.

Основная часть

Для исследований электромеханической высевашей секции на точность распределения семян сахарной свеклы в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», была изготовлена макетная установка (рис. 1). Макетная установка позволяет определить оптимальные параметры избыточного давления в семенной камере и частоты вращения высевашей диска в электромеханической высевашей системе.

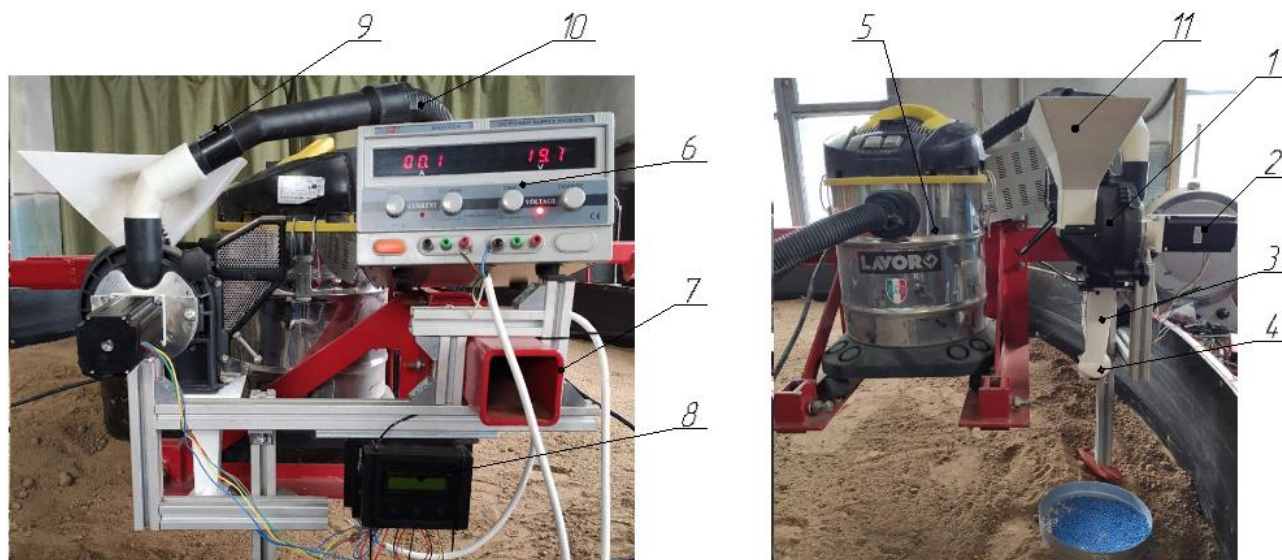


Рис. 1. Макетная установка

1 – высевашая секция; 2 – шаговый двигатель 57hs112-3504a08-D21; 3 – семяпровод; 4 – пьезодатчик ударного типа; 5 – насос; 6 – блок питания; 7 – рама; 8 – пульт управления; 9 – дроссельная заслонка; 10 – трубопровод

Результаты экспериментальных исследований по определению влияния различных факторов на показатели качества высева и дозирования семян высевашим аппаратом показывают, что физико-механические свойства дражированных семян сахарной свеклы для восьми сортов, районированных в Республике Беларусь, незначительно отличаются друг от друга. В связи с этим нами было принято решение проводить дальнейшие экспериментальные исследования только на одном сорте.

Сравнительные испытания проводились на дражированных семенах сахарной свеклы сорта Ардамакс. Норма высева варьировалась в пределах 92 до 110 тыс. семян/га. т.к. при такой густоте стояния растений сахарной свеклы достигается максимальный сбор очищенного сахара. Повторность опытов трехкратная по 250 семян в каждой опыте. Таким образом, в каждом опыте регистрировалось 750 подач. Полученные результаты обработаны с помощью пакета компьютерных программ Audaciti 2.3.2. (рис. 2), MathWorks Matlab 9.7 R2019b и Excel 2010.

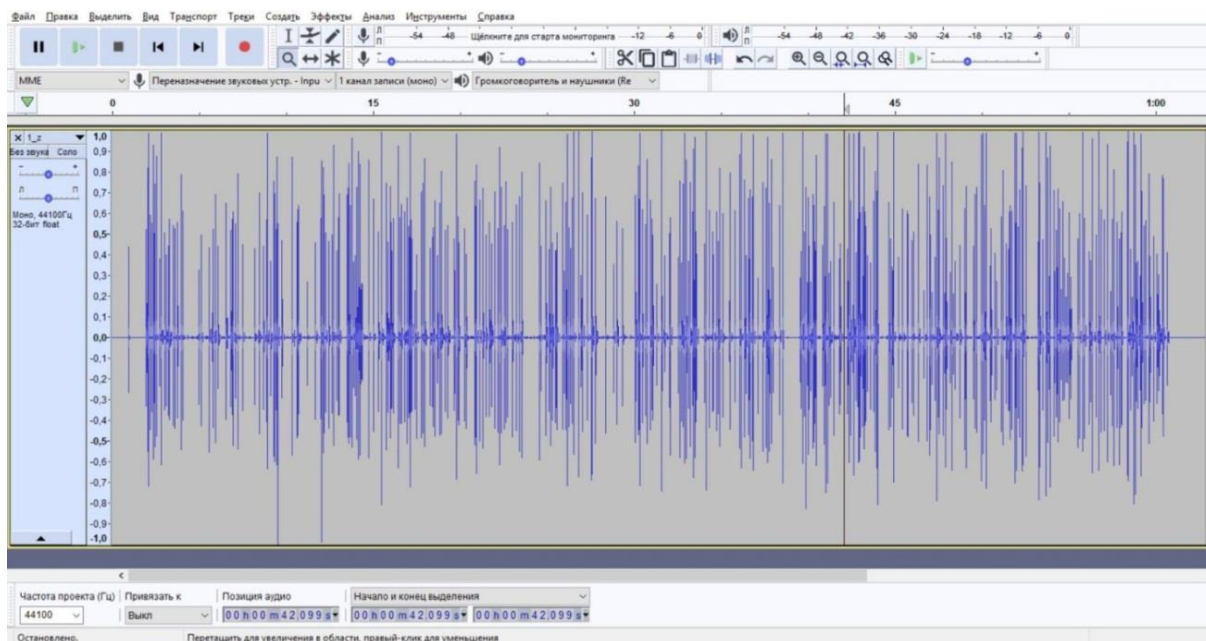


Рис. 2. Обработка данных в программе Audacity 2.3.2

Для регистрации высеваемых семян применялся акустический датчик, который устанавливается в зоне сброса семян в сошник. Во время работы, выпавшие семена ударяются об акустический датчик и отскакивают в емкость для приема семян. При этом от удара семени в акустическом датчике генерируется электрический сигнал, который поступает на линейный вход звуковой карты. Далее сигналы с акустического датчика отображаются в волновом виде, кроме того, программа Audacity 2.3.2 позволяет определять не только количество ударов семян, но и временной промежуток между ними с достаточно высокой точностью (рис. 3). При этом разница амплитуд сигналов объясняется разностью масс семян.

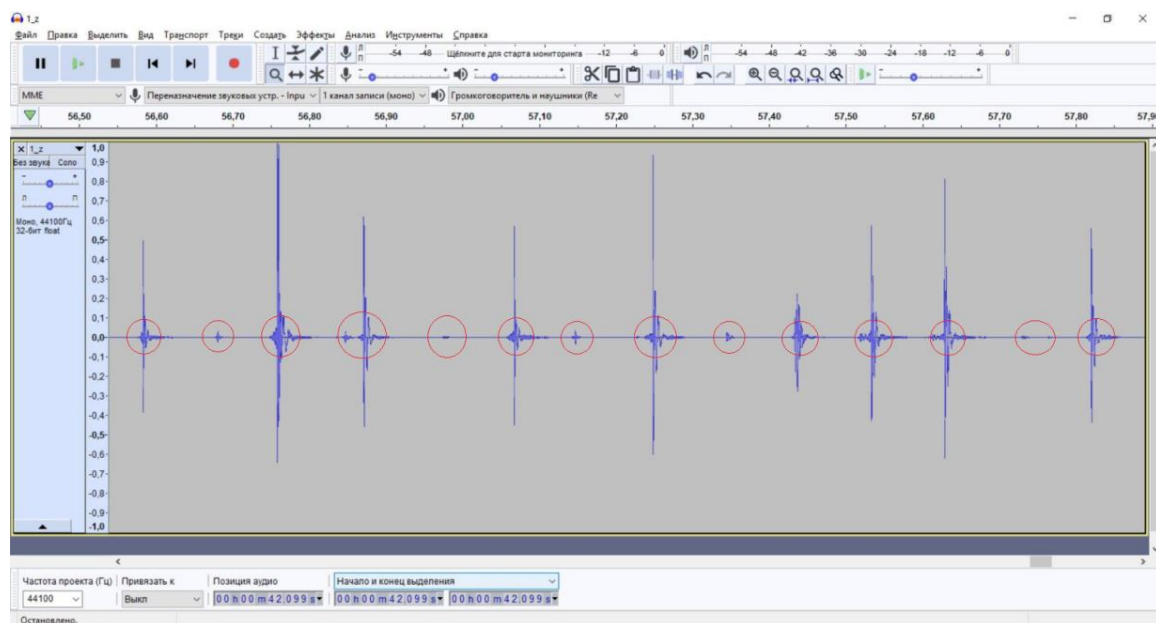


Рис. 3. Подсчет двойников и пропусков в программе Audacity 2.3.2.

В табл. 1 представлены результаты сравнительных исследований.

Точность опытов, т.е. относительная ошибка показателей подачи семян составила от 1,12 до 1,57 %.

Статистический анализ опытных данных показывает, что пропуски семян на всем диапазоне изменения нормы высева не наблюдались для предложенной конструкции высевающей

секции, а наличие двойников, полученных с помощью рассматриваемого метода от данных определенных вручную, не превышает 0,4 %, что входит в статистическую погрешность опыта, а значит показатели могут приниматься в качестве достоверных.

Т а б л и ц а 1. – Результаты экспериментальных исследований высева дражированных семян сахарной свеклы сорта Ардамакс

Поступательная скорость, км/ч	Создаваемое избыточное давление в семяпроводе, кПа	Частота вращения высевающего диска, c^{-1} (об/мин)	1 опыт		2 опыт		3 опыт.		Среднее значение	
			Двойники, %	Пропуски, %	Двойники, %	Пропуски, %	Двойники, %	Пропуски, %	Двойники, %	Пропуски, %
9	2,5	0,16 (10)	1,3	2	1	2	1,5	2	1,26	2,00
		0,66 (40)	2	20	4,1	28	3,5	28	3,20	25,33
	4,2	0,16 (10)	-	1,5	-	1	-	1	-	1,16
		0,51 (30)	-	-	1	-	1	-	1,00	-
		0,66 (40)	1	3,8	1	3,3	1	3,0	1,00	3,36
	6,0	0,16 (10)	3,4	2	3,0	1	3,4	1	3,26	1,33
		0,66 (40)	10	4	9,4	4,5	9,5	3,8	9,63	4,10

Из экспериментальных данных таблицы 1 можно сделать вывод, что наилучшие показатели высева дражированных семян сахарной свеклы высевающим аппаратом при создаваемом избыточном давлении в семяпроводе 4,2 кПа и частоте вращения высевающего диска 0,51 c^{-1} .

Результаты экспериментальных исследований при постоянном избыточном давлении высева дражированных семян сахарной свеклы представлены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2. – Результаты экспериментальных исследований при постоянном избыточном давлении высева дражированных семян сахарной свеклы сорта Ардамакс

Поступательная скорость, км/ч	Создаваемое давление в семяпроводе, кПа	Частота вращения высевающего диска, c^{-1} (об/мин)	1 опыт		2 опыт		3 опыт.		Среднее значение	
			Двойники, %	Пропуски, %	Двойники, %	Пропуски, %	Двойники, %	Пропуски, %	Двойники, %	Пропуски, %
9	4,2	0,16 (10)	4	-	5	-	2	-	3,66	-
		0,33 (20)	3	1	2	1	3	-	2,66	0,66
		0,51 (30)	2	4	-	3	1	2	1,00	3,00
		0,66 (40)	-	8	-	4	-	5	-	5,66

Влияние частоты вращения высевающего диска на показатели качества дозирования высевающего аппарата при постоянном избыточном давлении 4,2 кПа представлено на рис. 4.

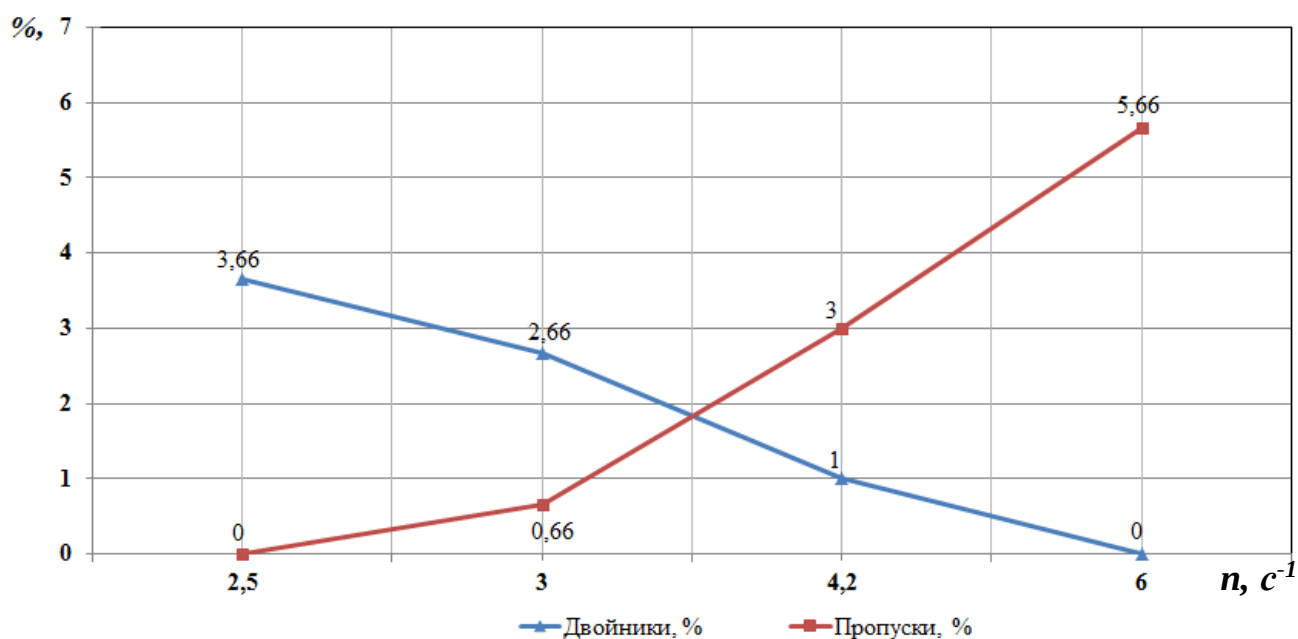


Рис. 4. Влияние частоты вращения высевающего диска на показатели качества дозирования высевающего аппарата

Из рис. 4 видно, что изменение частоты вращения оказывает значительное влияние на качество дозирования высевающего аппарата. Так, с увеличением частоты вращения высевающего диска от 0,16 до 0,66 с^{-1} , частотность пропусков увеличивается от 0 до 5,66 %, а частотность двойников уменьшается от 3,66 до 0 %.

Результаты экспериментальных исследований при постоянной частоте вращения высевающего диска представлены в табл. 3.

Т а б л и ц а 3. — Результаты экспериментальных исследований при постоянной частоте вращения высевающего диска

Поступательная скорость, км/ч	Частота вращения высевающего диска, с^{-1} (об/мин)	Создаваемое давление в семяпроводе, кПа	1 опыт		2 опыт		3 опыт.		Среднее значение	
			Двойники, %	Пропуски, %	Двойники, %	Пропуски, %	Двойники, %	Пропуски, %	Двойники, %	Пропуски, %
9	0,51 (30)	2,5	3	-	4	-	5	-	4,00	-
		3,0	2	1	2	3	2	2	2,00	2,00
		4,2	1	1	1	6	1	4	1,00	3,66
		6,0	1	2	1	7	-	10	0,66	6,33

Влияние величины избыточного давления в семенной камере на показатели качества дозирования высевающего аппарата при постоянном вращении высевающего диска 0,51 с^{-1} (30 об/мин) представлено на рис. 5.

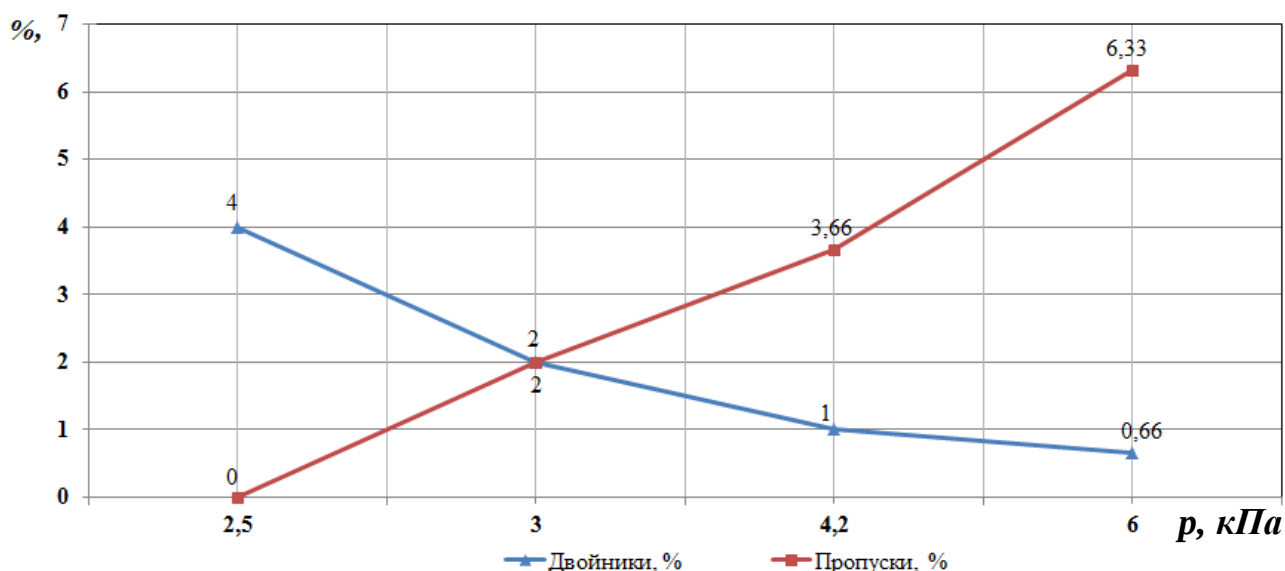


Рис. 5. Влияние величины избыточного давления в семенной камере на показатели качества дозирования высевашего аппарата

Из рис. 5 видно, что увеличение избыточного давления в семенной камере на показатели качества дозирования высевашего аппарата от 2,5 до 6,0 кПа оказывает влияние на частоту пропусков, которая уменьшается от 4,00 до 0,66 %, а двойники увеличиваются до 6,33 %.

Экспериментально доказана эффективность предлагаемого универсального комплекса на различных нормах высева семян, которая проводилась в сравнении с данными, полученными вручную. Сравнительные испытания проводились на дражированных семенах сахарной свеклы. Норма высева варьировалась в пределах 92 до 110 тыс. семян/га. Повторность опытов трехкратная по 250 семян в каждой опыте.

Точность опытов, т.е. относительная ошибка показателей подачи семян составила от 1,12 до 1,57 %.

Статистический анализ опытных данных показывает, что пропуски семян на всем диапазоне изменения нормы высева не наблюдались, а наличие двойников, полученных с помощью рассматриваемого метода от данных, определенных вручную, – не превышает 0,4 %, что входит в статистическую погрешность опыта, а значит, могут приниматься достоверными.

Заключение

Таким образом, экспериментальным путем установлено, что частоты вращения высевашего диска влияет на качество дозирования, так с увеличением частоты вращения от 10 до 40 мин⁻¹ количественная доля пропусков увеличивается до 5,6 %, а двойников – стремится нулю. При частоте вращения высевашего диска 25 мин⁻¹ наблюдается оптимальное соотношение между двойниками и пропусками, а их количественная доля не превышает 1,8 %.

Кроме того, экспериментальным путем установлено, что величины избыточного давления в семенной камере влияет на качество дозирования: увеличение избыточного давления от 2,5 до 6,0 кПа приводит к уменьшению количественной доли пропусков от 4,0 % до 0,66 %, а доля двойников увеличивается до 6,3 %.

Оптимальное соотношение между пропусками и двойниками наблюдается при величине избыточного давления в семенной камере 3 кПа, при таком давлении количественная доля пропусков и двойников составляет 2 %.

Список использованных источников

1. Сельское хозяйство Республики Беларусь. Статистический сборник. – Минск : Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2019. – 212 с.
2. Государственная программа развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы. – Постановление совета министров Республики Беларусь от 11 марта 2016 г. № 196. : в ред. Постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 03.04.2017, №242 // Консультант Плюс : Беларусь [Электронный ресурс] / ООО «ЮрСпектр». – Минск, 2017.

Н.Ф. Капустин

*РУП «НПЦ НАН по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь
E-mail: npcter@yandex.ru*

БИОГАЗОВЫЕ УСТАНОВКИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

В статье рассмотрены результаты выполнения государственных программ по строительству биогазовых установок в Республике Беларусь.

Представлены данные по месту их строительства, годам ввода в эксплуатацию, основному используемому сырью для производства биогаза методом анаэробной биоферментации и установленной электрической (тепловой) мощности энергогенерирующего оборудования.

Ключевые слова: органические отходы, биогазовые установки, энергетическая мощность.

N.F. Kapustin

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

BIOGAS PLANTS IN THE REPUBLIC OF BELARUS

The article discusses the results of the implementation of state programs for the construction of biogas plants in the Republic of Belarus.

The data on the place of their construction, the years of commissioning, the main raw materials used for the production of biogas by the method of anaerobic bio-fermentation and the installed electrical (thermal) capacity of power generating equipment are presented.

Keywords: organic waste, biogas plants, power capacity.

Введение

В настоящее время получение биогаза связано, прежде всего, с переработкой и утилизацией отходов животноводства, птицеводства, растениеводства, пищевой, спиртовой промышленности, коммунально-бытовых стоков и осадков за счет жизнедеятельности метанообразующих бактерий. Биогаз содержит не менее 50 % метана, удобен для использования, может легко транспортироваться на большие расстояния, сырье для получения биогаза часто образуется прямо на месте его применения. Получение и утилизация биогаза способствует решению серьезных экологических проблем: ограничению неконтролируемого выброса метана в атмосферу земли (что приводит к парниковому эффекту), ликвидации гниющих органических отходов – источников токсинов, гельминтов, болезнетворных микроорганизмов.

Для агропромышленного комплекса Республики Беларусь наиболее выгодной альтернативой ископаемым ресурсам являются проекты на основе биогазовых технологий, которые одновременно позволяют решать три проблемы: энергетическую, экологическую и агрохимическую, помогая эффективно утилизировать отходы сельхозпроизводства и в первую очередь – животноводческий навоз крупного рогатого скота, свиней и куриный помет.

Основная часть

Проблемы переработки и утилизации навоза крупного рогатого скота (КРС), свиней, помета птиц, отходов бойни животных является весьма характерной для крупнорогатого производства животноводческой продукции. Ежегодно в агропромышленном комплексе Республики Беларусь образуется около 65 млн тонн навоза крупного рогатого скота, 5 млн тонн навоза свиней и около 1,6 млн тонн куриного помета. Переработка такого количества сырья по биогазовой технологии позволила бы ежегодно получать около 2,5 млрд. м³ биогаза и вырабатывать на его основе около 5

млрд $kВт\cdot ч$ электрической и 8,5 млн. $Gкал$ тепловой энергии. С учетом замещения невозобновляемых источников энергии, подобный метод способствовал бы ежегодной экономии около 1,7 млн тонн условного топлива [1].

В связи с этим с 2005 года в Республике Беларусь стали разрабатываться нормативно правовые акты по реализации проектов производства и использования энергии биогаза.

Согласно Государственной комплексной программы модернизации основных производственных фондов Белорусской энергетической системы, энергосбережения и увеличения доли использования в республике собственных топливно-энергетических ресурсов в 2006- 2010 годах, утверждённой Указом Президента Республики Беларусь от 25 августа 2005 г. № 399, запланировано получение товарного биогаза в количестве 160 тыс., т. у.т./год.

Республиканской программой энергосбережения на 2006–2010 годы, утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь 2 февраля 2006 г. №137 на 2006 год, было предусмотрено внедрение в организациях Минсельхозпрода трех биогазовых установок на РУСП СГЦ "Западный" Брестского района, ОАО "Гомельская птицефабрика" и РУСХНПП "БелЗОСП" Минского района.

Учитывая положительный опыт их эксплуатации в природно-климатических условиях Беларуси, в 2010 году была принята Программа строительства энергоисточников, работающих на биогазе, на 2010–2012 годы, предусматривавшая ввод в эксплуатацию 39 биогазовых установок с суммарной электрической мощностью 40,4 $МВт$, ежегодной выработкой около 340 млн $kВт\cdot ч$ электроэнергии и замещении импортируемого природного газа в объеме более 145 тыс., т.у.т. [2].

В целях расширения сферы использования местных энергоресурсов и возможностей участия отечественных организаций в реализации проектов по строительству биогазовых комплексов, Совет Министров Республики Беларусь, в этом же году, принял постановление [3], утвердившее план мероприятий по разработке и освоению производства оборудования и комплектующих для биогазовых комплексов.

Кроме этого, в 2011 году Советом Министров Республики Беларусь была утверждена Национальная программа развития местных и возобновляемых энергоисточников на 2011–2015 годы [4]. В соответствии с программой за этот период предусматривалось внедрение биогазовых установок с общей электрической мощностью 90 $МВт$.

Для реализации поставленных задач по строительству биогазовых установок, кроме собственных средств, были привлечены иностранные инвестиции, в частности, Швейцарской компании TDF Ecotech AG, (установки в агрокомбинате "Снов", ОАО "Лань-Несвиж", на полигонах коммунально-бытовых отходов (КБО) "Тростенец" и "Северный" в г.Минске), Шведской компании Resovia (установки на полигонах коммунально-бытовых отходов в городах Орша, Витебск, Гомель, Новополоцк и Могилев), Европейского банка реконструкции и развития (установки на водоочистных сооружениях в г. Барановичи и г. Слоним), Литовской компании Modus Energija AB (установки в ОАО "Василишки" Щучинского района, ОАО "Парохонское" Пинского района, агрокомбинате "Мир" Барановичского района, ОАО "Беловежский" Каменецкого района и СПК "17 сентября" Несвижского района).

В настоящее время в Беларуси эксплуатируется 34 биогазовые установки (табл. 1) общей установленной мощностью 40,82 $МВт$.

**Т а б л и ц а 1. – Биогазовые установки в Республике Беларусь
(данные по состоянию на 01.09.2020г.)**

Место строительства	Год ввода в эксплуатацию	Сырье	Установленная электрическая (тепловая) мощность, кВт
СГЦ “Западный”, Брестский район	2008	Навоз свиней, зерноотходы	520
РУСХНПП “Бел ЗОСП”, Минский район	2008	Навоз КРС, куриный помет	340 (в стадии реконструкции)
Гомельская птицефабрика	2009	Куриный помет	330
Бобруйский гидролизный завод	2009	Послеспиртовая барда	700 (тепловая)
Полигон КБО “Тростенец”, г. Минск	2009	Органические коммунально-бытовые отходы	3600
Полигон КБО “Северный”, г. Минск	2012	Органические коммунально-бытовые отходы	5600
СПК “Агрокомбинат Снов”, Несвижский район	2012	Навоз свиней, зерноотходы, кукурузный силос	2200
СПК “Лань-Несвиж”, Несвижский район	2012	Навоз свиней, кукурузный силос	1400
ОСП “Березинский спиртзавод” УП “Минск-кристалл”	2012	Послеспиртовая барда	500 (тепловая)
СПК “Рассвет”, Кировский район	2012	Навоз КРС, кукурузный силос, зерноотходы	4800
Полигон КБО, г. Орша	2012	Органические коммунально-бытовые отходы	171
Туровский молочный комбинат	2012	Молочная сыворотка	600 (тепловая)
ОАО “Беларуськалий” СХЦ “Величковичи”, Солигорский район	2013	Навоз КРС	370
Агрофирма “Лебедево”, Молодечненский р-н	2013	Навоз КРС, зерноотходы	500
Полигон КБО, г. Витебск	2013	Органические коммунально-бытовые отходы	1063
Полигон КБО, г. Гомель	2013	Органические коммунально-бытовые отходы	1063
ОАО “Милкавита”, г. Гомель	2013	Молочная сыворотка	600 (тепловая)
Пружанский Молочный комбинат	2014	Молочная сыворотка	600 (тепловая)
Вилейский производственный участок ОАО “Молодечненский молочный комбинат”	2014	Молочная сыворотка	600 (тепловая)
Полигон КБО, г. Новополоцк	2015	Органические коммунально-бытовые отходы	635
Э/б “Зазерье” РУП НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства	2016	Навоз КРС, зерноотходы, молочная сыворотка	250
Полигон КБО, г. Могилев	2017	Органические коммунально-бытовые отходы	835
Барановичский водоканал	2017	Сточные воды	272
ОАО “Василишки”, Щучинский район	2019	Навоз КРС, свиней, зерноотходы	3 БГУ по 1000кВт
ОАО “Парахонское”, Пинский район, брестской области	2019	Навоз КРС, зерноотходы	2 БГУ по 2000кВт
Агрокомбинат “Мир”, Барановичский район	2019	Навоз КРС	2000
ОАО “Беловежский”, Каменецкий район	2019	Навоз свиней, КРС, зерноотходы	2000
СПК “17 сентября”, Несвижский район	2019	Навоз КРС, Куриный помет	2000
Слонимский водоканал	2020	Сточные воды	274
		Итого:	40823

Заключение

В процессе производственной деятельности целого ряда субъектов хозяйствования Беларуси, образуются различные органические отходы, которые могут эффективно использоваться в качестве сырья для получения биогаза. Например, только в сельскохозяйственном секторе Республики Беларусь ежегодно образуется около 72 млн тонн животноводческих отходов. Для переработки такого количества отходов по биогазовой технологии потребуются энергетические комплексы с общей установленной мощностью около 650 *МВт*.

В настоящее время в Беларуси эксплуатируются биогазовые установки с общей установленной мощностью около 41 *МВт*. Таким образом, существует потенциальная перспектива и необходимость ее увеличения в будущем.

Список использованных источников

1. Самосюк, В.Г., Капустин, Н.Ф., Биогазовые технологии на службу сельскохозяйственному производству // Белорусское сельское хозяйство. – 2008 . №5, – С.87–89.
2. Постановление Советов Министров Республики Беларусь от 9 июня 2010 г. №885/ Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь. – 2010. №144. 5/32007.
3. Постановление Советов Министров Республики Беларусь от 9 декабря 2010 г. № 1793.
4. Постановление Советов Министров Республики Беларусь от 10 мая 2011 г. № 586.

Н.Ф.Капустин*РУП «НПЦ НАН по механизации сельского хозяйства»
г.Минск, Республика Беларусь
E-mail: npcter@yandex.ru*

БИОГАЗОВЫЙ ЭНЕРГОПОТЕНЦИАЛ ПИЩЕВЫХ ОТХОДОВ

В статье рассматривается вопрос возможности и эффективности использования пищевых отходов в качестве сырья для производства биогаза.

Приводятся результаты исследований содержания сухого и органического сухого вещества в отходах молочной и пивоваренной отрасли. Описывается методика, приборное обеспечение и результаты определения удельного выхода метана при анаэробной биоферментации рассматриваемых пищевых отходов.

Ключевые слова: пищевые отходы, удельный выход метана, анаэробная биоферментация.

N.F. Kapustin*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»
Minsk, Republic of Belarus
E-mail: npcter@yandex.ru*

BIOGAS ENERGY POTENTIAL OF FOOD WASTE

The article discusses the issue of the possibility and efficiency of using food waste as a raw material for biogas production.

The results of studies of the content of dry and organic dry matter in waste from the dairy and brewing industry are presented. The methodology, instrumentation and results of determining the specific yield of methane during anaerobic biofermentation of the food waste under consideration are described.

Keywords: food waste, specific yield of methane, anaerobic biofermentation.

Введение

В процессе производства, переработки, хранения и использования пищевых продуктов может происходить полная или частичная потеря их первоначальных потребительских свойств, с превращением в пищевые отходы.

Глобальные потери продуктов питания и пищевых отходов составляют от одной трети до половины их производства. В странах с низким уровнем дохода большая часть потерь происходит во время производства продуктов питания, тогда как в развитых странах, отличающихся большим потреблением пищи, среднестатистический житель ежегодно выбрасывает на помойку до 100 кг продуктов питания.

Что касается влияния пищевых отходов на окружающую среду, то по данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации (ФАО), на их долю приходится 8 % глобальных выбросов парниковых газов в мире. Выброшенные на свалку пищевые отходы биоразлагаются с образованием парникового газа метана, воздействие которого на изменение климата в 21 раз выше, чем углекислого газа.

В Беларуси ежегодно образуется около 310 тыс. тон пищевых отходов, около 70 тыс. тонн отходов вкусовых продуктов (чай, пряности, приправы, пищевые кислоты, табак, и алкоголь). Следует отметить, что Беларусь входит в число стран с наибольшим производством молока на душу населения [1]. В то же время, при переработке молока для изготовления масла, сыра, сметаны и другой молочной продукции, появляются побочные продукты, например, творожная сыворотка. Вред, наносимый окружающей среде от 1 тонны творожной сыворотки при ее неправильной утилизации, равен вреду от 100м³ хозяйственно-бытовых стоков.

В Беларуси работает более 80 предприятий, где есть молочные отходы. По данным Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь на них ежегодно образуется до 2 млн тонн сыворотки.

К пищевым отходам относятся и отходы пивоваренного и спиртового производства: зерновой жмых, пивная дробина, солодовые ростки, дрожжи, ягоды, сухофрукты, барда и т.д. Основу всех пищевых отходов составляет органическое сырье, которое может эффективно использоваться для дальнейшей переработки в биогазовых установках.

Из 34 эксплуатируемых в Беларуси биогазовых установок, 24 работают на сырье агропромышленного комплекса [2]. Поэтому определенный интерес представляет оценка возможности и эффективности использования на них пищевых отходов.

Объекты и методы исследований

Объектами исследований являлись пищевые отходы молочной и пивоваренной отрасли, в частности – молока, кефира, сметаны, молочной сыворотки, пива.

Исследование содержания сухих веществ в пробах осуществлялось по ГОСТ 26713-85 с использованием сушильного шкафа Memmert Basic и весов лабораторных Acculab ATL-822, а органических сухих веществ по ГОСТ 26714-85 с использованием муфельной печи Nabertherm и весов лабораторных Radwag AS 220/c/2N.

Для измерений удельного выхода метана (при анаэробной биоферментации исследуемых проб) использовался автоматизированный комплекс на основе биопроцессконтроллера AMPTS II (рис.1),

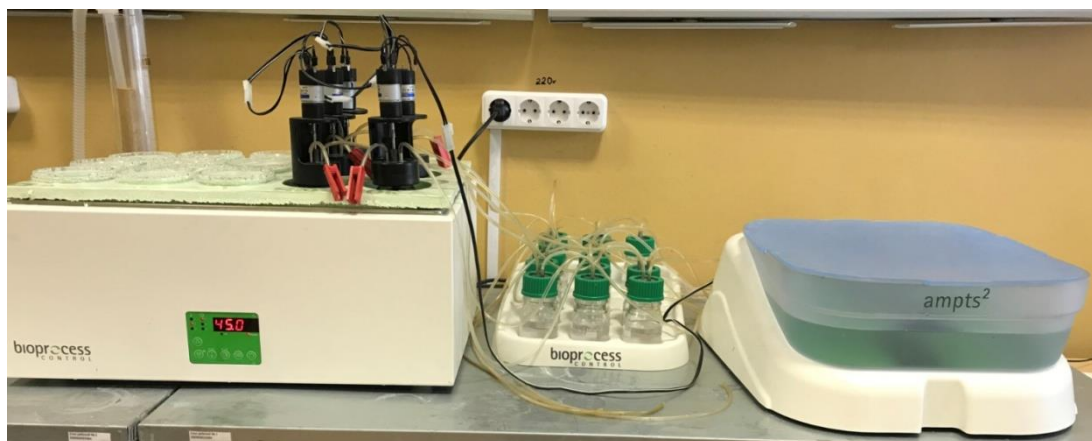


Рис.1 Автоматизированный комплекс по определению выхода метана в процессе анаэробной биоферментации органического сырья

Процедура определения метаногенной активности органического сырья включала инокулирование в анаэробных условиях некоторого его количества во флаконах с инокулятом биогазовой установки; помещение флаконов в водяной термостат, где поддерживалась температура на заданном уровне (для мезофильного режима $40 \pm 2^\circ\text{C}$) с периодическим перемешиванием сбрасываемого субстрата и последующей регистрацией количества вырабатываемого метана.

Результаты исследований

В табл. 1 представлены содержания сухого и органического сухого вещества в исследованных пробах отходов пищевых продуктов.

Т а б л и ц а 1. – Содержание сухого и органического сухого вещества в исследованных отходах пищевых продуктов

Отходы пищевого продукта	Содержание, %	
	Сухого вещества	Сухого органического вещества
Сыворотка молочная	5,4	5,2
Сметана	21,8	21,1
Молоко	10,8	10,1
Кефир	11,4	10,7
Пиво	3,6	3,5
Чипсы картофельные	87,3	82,5

Результаты исследований свидетельствуют, что больше всего органического сухого вещества содержится в отходах картофельных чипсов (82,5 %), а из отходов кисломолочных продуктов – в сметане (21,1 %). В то же время отходы кисломолочных продуктов имеют более высокий удельный выход метана из единицы массы органического сухого вещества ($380\text{--}400 \text{ м}^3/T_{\text{осв}}$), в то время как у отходов картофельных чипсов этот показатель составил $285 \text{ м}^3/T_{\text{осв}}$.

Динамику удельного выхода метана оценивали с нарастающим итогом в процессе анаэробной биоферментации исследуемых отходов пищевых продуктов (рис.2).

Основной выход метана при анаэробной биоферментации молочной сыворотки происходит в течение 7 дней, картофельных чипсов – в течение 20 дней, а сметаны, кефира, молока, пива – в течение 50 дней с момента начала технологического процесса.

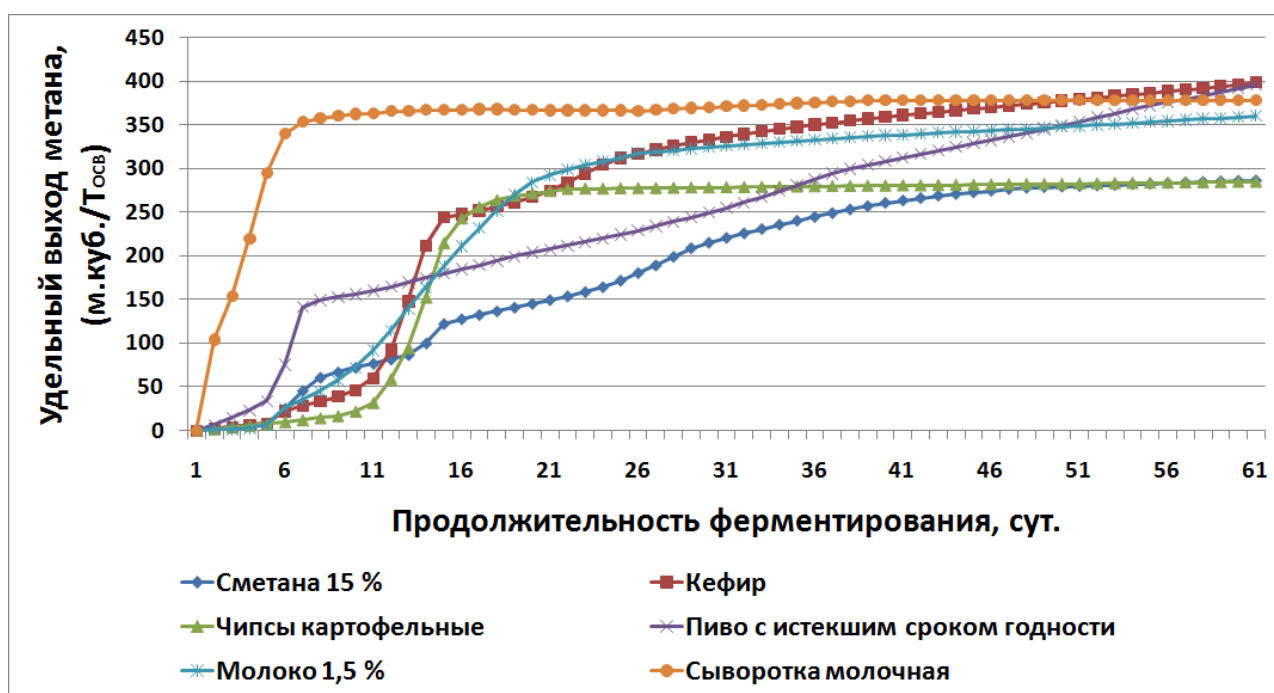


Рис.2. Динамика удельного выхода метана с нарастающим итогом при анаэробной биоферментации отходов пищевых продуктов.

На рис.3 приведено сравнение удельного выхода метана из исследованных отходов пищевых продуктов и другого органического сырья, используемого при производстве биогаза.

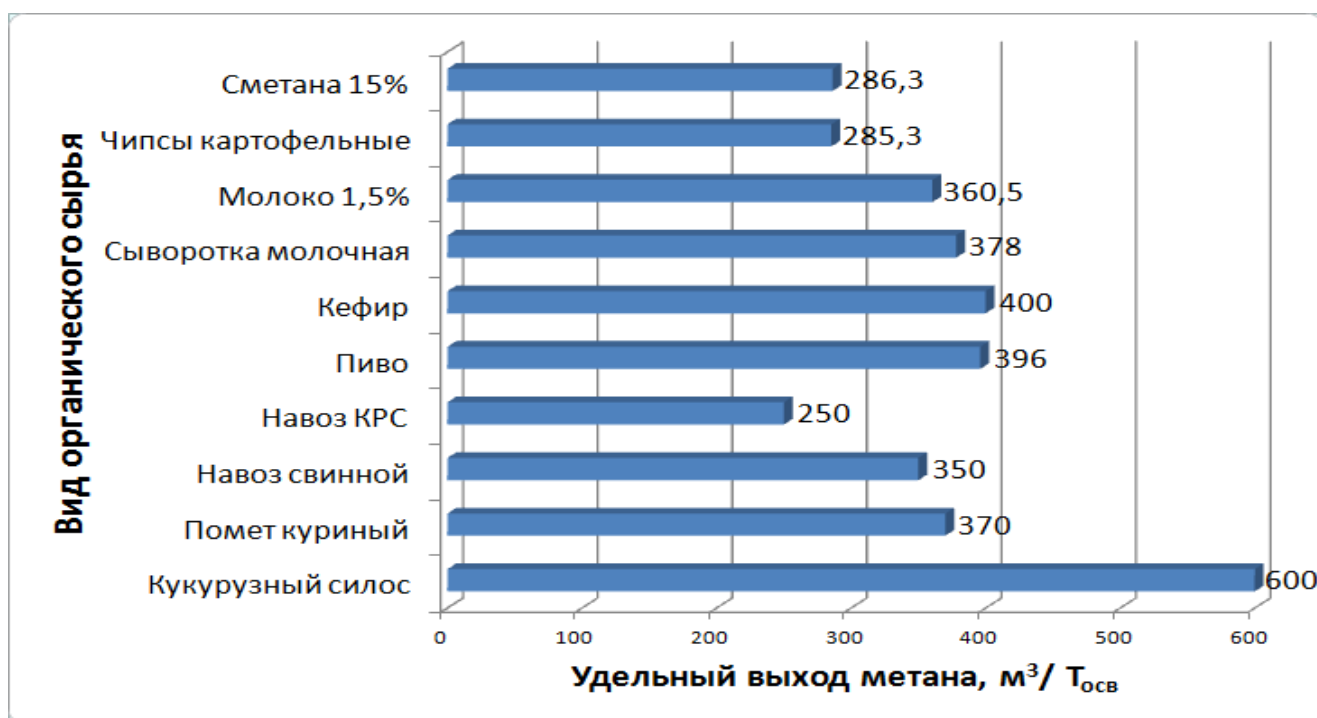


Рис.3. Удельный выход метана при анаэробной биоферментации различных видов органического сырья

Заключение

Проведенные исследования показывают, что испорченные или с истекшим сроком годности пищевые продукты, такие как сметана, молочная сыворотка, молоко, кефир, чипсы картофельные и пиво имеют достаточное содержание органического сухого вещества и высокий удельный выход метана при их анаэробной биоферментации. Эти обстоятельства позволяют достаточно эффективно использовать исследованные отходы пищевых продуктов в качестве сырья для биогазовых установок.

Список использованных источников

1. Сельское хозяйство Республики Беларусь. Статистический сборник / И.В. Медведева [и др.]; Национальный статистический комитет Республики Беларусь; под общ. ред. И.В.Медведевой. – Минск, 2020. – 178 с.
2. Капустин, Н.Ф., Опыт работы биогазовых комплексов в сельскохозяйственном производстве Республики Беларусь / Н.Ф. Капустин // Энергоэффективность. – 2017. – №7. – С.17–12.

В.Е. Тарасенко¹, А.А. Жешко²,¹*Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь
e-mail:trs9@yandex.ru*²*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь
e-mail:azeshko@gmail.com*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРАЦИИ ФОРСУНОК С ПОМОЩЬЮ МНОГОКАНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ С ГИБКОЙ СТРУКТУРОЙ

Проведены виброакустические исследования форсунок Bosch с помощью разработанного диагностического устройства (многоканальной системы с гибкой структурой) на стенде CR-Jet 4E. Выполнена обработка полученных сигналов с последующим спектральным анализом и вейвлет-преобразованиями.

Ключевые слова: виброакустика, диагностика, спектральный анализ, вейвлет-преобразования, многоканальная система, гибкая структура, форсунка.

V. E. Tarasenko¹, A. A. Zheshko²,¹*Belarusian State Agrarian Technical University
e-mail:trs9@yandex.ru*²*RUP "NPC of the national Academy of Sciences of Belarus on agricultural mechanization",
Minsk, Republic of Belarus
e-mail:azeshko@gmail.com*

STUDY OF INJECTOR VIBRATION USING A MULTI-CHANNEL SYSTEM WITH A FLEXIBLE STRUCTURE

Vibroacoustic studies of Bosch injectors were performed using a developed diagnostic device (multi-channel system with a flexible structure) on the stand CR-Jet 4E. The received signals were processed with subsequent spectral analysis and wavelet transformations.

Keywords: vibroacoustics, diagnostics, spectral analysis, wavelet transformations, multi-channel system, flexible structure, nozzle.

Введение

Основным назначением виброакустической диагностики является определение возможных неисправностей и прогнозирование ресурса. Средством, позволяющим осуществить измерения, является виброакустический сигнал, который мгновенно реагирует на изменение технического состояния. Таким образом, основной целью настоящих исследований является изучение информации, которая содержится в измеренном с помощью специально разработанного прибора сигнале [1, 2].

Доскональное изучение информации о состоянии узлов и агрегатов, которая содержится в сигнале, позволит в перспективе уточнить существующие методики диагностирования; установить точные границы, подтверждающие, что узел или агрегат неисправен; свести к минимуму неполноту и неопределенность информации.

Применительно к дизельным форсункам сигнал является обобщенным источником информации о различных колебательных процессах, что порождает вибрацию и акустические шумы.

Необходимо отметить, что вибрационные и акустические сигналы подвержены различного рода искажениям вследствие всевозможных шумов, чем объясняется их косвенный характер. Любой из снимаемых сигналов не предоставляет полноту информации. В этой связи основной методикой виброакустического диагностирования является построение упрощенных моделей колебаний и проведение значительного количества виброакустических исследований узлов и деталей с целью сбора статистической информации о вибрационных характеристиках на различных режимах работы.

Построение прогнозов о состоянии и остаточном ресурсе представляется возможным путем сопоставления статистических данных исправного и неисправного узлов.

Для обработки данных виброакустических исследований используются различные методики. Основным методом исследования является спектральный анализ, который позволяет качественно и количественно изучить информацию, предоставляемую виброакустическим сигналом. В рамках спектрального анализа целесообразно провести анализ пиков в спектре, определить их шаг. Также важным этапом обработки сигнала является определение его периодичности с помощью автокорреляции.

Основная часть

Результаты исследования виброакустических характеристик форсунок Bosch при фиксированном давлении

Исследования виброакустических характеристик форсунок Bosch проводились в лаборатории технического сервиса топливной аппаратуры и агрегатов гидросистем кафедры технологии и организация технического сервиса УО «БГАТУ».

Цель исследований: выявление отклонений виброакустических характеристик новой и выработавшей 50 % ресурса форсунок фирмы BOSCH.

Форсунки устанавливались на стенде CR-jet 4E (рис. 1). Давление при испытаниях поддерживалось постоянным и составляло 158 бар.



Рис. 1. Форсунки фирмы Bosh установленные на стенде для проведения исследований виброакустических характеристик

а) общий вид стенда для испытаний форсунок; б) исследуемые форсунки, установленные на стенде

Вибрационные характеристики форсунок исследовались с использованием датчиков, позволяющих фиксировать вибрации в трех взаимно перпендикулярных плоскостях. Оси, перпендикулярные плоскостям, относительно которых устанавливались датчики хуз.

Для изучения акустических характеристик исследуемых форсунок использовался микрофон.

Измеренные сигналы передавались для обработки в специально разработанный прибор [1, 2, 3] для виброакустических исследований.

Прибор позволяет отображать (в режиме реального времени) измеряемые виброакустический сигналы относительно трехмерной системы координат хуз с одновременной обработкой и отображением амплитудно-частотных характеристик сигнала, получением спектра вибрации путем быстрого преобразования Фурье.

Также прибор позволяет сохранять измеренные сигналы с целью их последующего изучения и анализа на компьютере.

Данные для изучения вибрации записывались в бинарные файлы с расширением bin. Вместе с сигналами вибраций также фиксировалась температура форсунок в момент испытаний. Данные снятые с микрофона и характеризующие акустические характеристики форсунок в момент испытаний записывались в wav-файл.

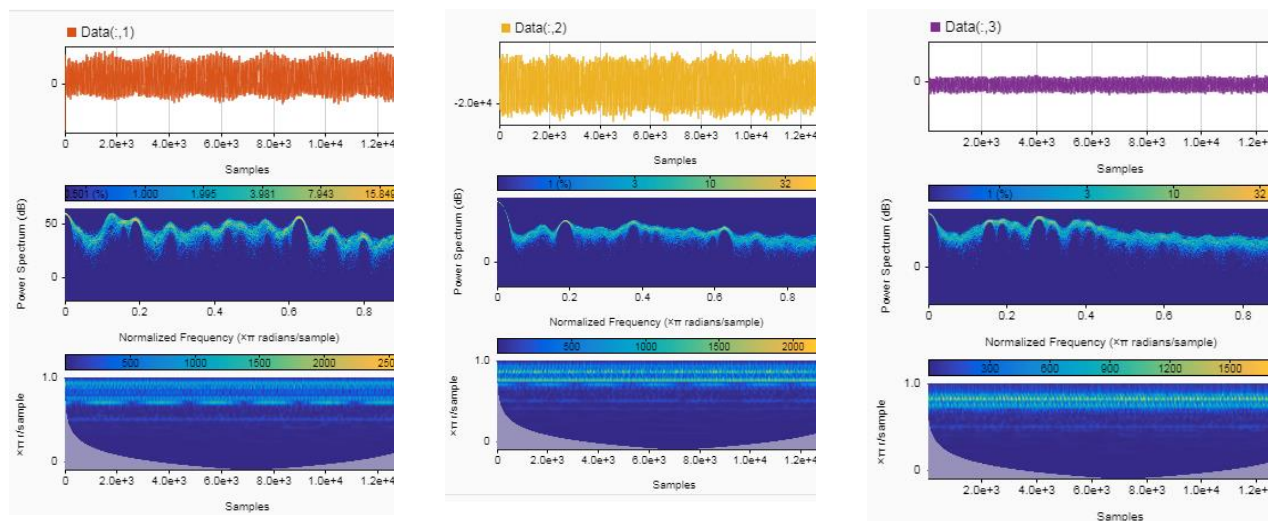
Измерения для новой и для изношенной форсунки измерялась в пятикратной повторности. В итоге было получено по пять файлов бинарных файлов с сигналами акселерометра, и пять звуковых файлов. Аналогично для изношенной форсунки получены сигналы с микрофона и сигналы акселерометра.

Полученный набор исходных данных представляет собой 4 массива. Первые три – данные о вибрации исследуемой форсунки относительно осей x y z . Четвертый массив – температура, фиксируемая в момент проведения измерений.

В верхней части каждого из рис. 2 и рис. 3 представлена снятая проекция сигнала акселерометра относительно одной из осей x y z . В средней части – спектр, построенный для нормализованной частоты сигнала (спектр постоянства сигнала), в нижней – скейлограмма сигнала.

Спектр постоянства сигнала (средняя часть графиков) является частотно-временным представлением сигнала и указывает на процент времени присутствия частоты в сигнале. Чем дольше частота по времени присутствует в сигнале, тем интенсивнее она отображается на спектре постоянства.

Исследования показали, что для изношенных форсунок характерен менее выраженный спектр постоянства колебаний относительно оси y .



а) проекция колебаний на ось x

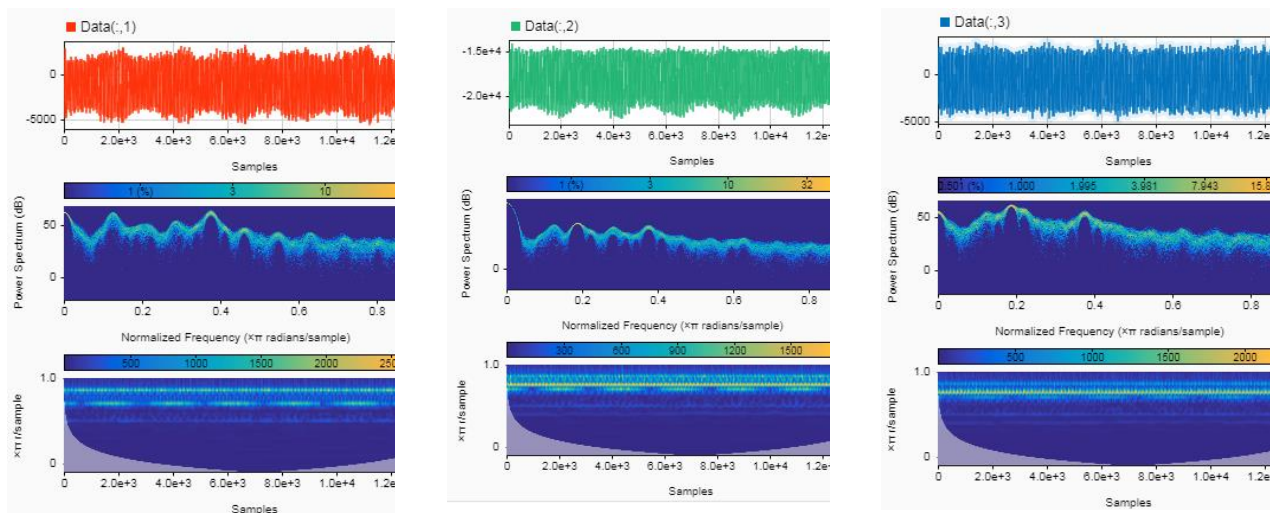
а) проекция колебаний на ось y

а) проекция колебаний на ось z

Рис. 2. – Результаты обработки проекций сигнала акселерометра на оси x y z на всем интервале измерений 0... 14339 (верхний график), спектр построенный для нормализованной частоты сигнала (график посередине) и скейлограмма сигнала (график снизу) для измерения новой форсунки

Скейлограмма – нижняя часть графиков – это абсолютные значения непрерывного вейвлет-преобразования сигнала. Данный вид обработки полезен при изучении сигналов с перемежающимися переходными процессами, которые могут возникать при износе узлов двигателя.

Из рис. 2 и рис. 3 видно: результаты обработки скейлограммы для изношенной форсунки выражены сильнее, чем для новой (относительно оси y).



а) проекция колебаний на ось x

а) проекция колебаний на ось y

а) проекция колебаний на ось z

Рис. 3. Результаты обработки проекций сигнала акселерометра на оси x, y, z на всем интервале измерений 0... 14339 (верхний график), спектр построенный для нормализованной частоты сигнала (график посередине) и скейлограмма сигнала (график снизу) для измерения изношенной форсунки акселерометром

Для определения частот, наиболее характерных для работы исправной и неисправной форсунок проводили спектральный анализ полученных при испытаниях сигналов (рис. 4 и рис.7).

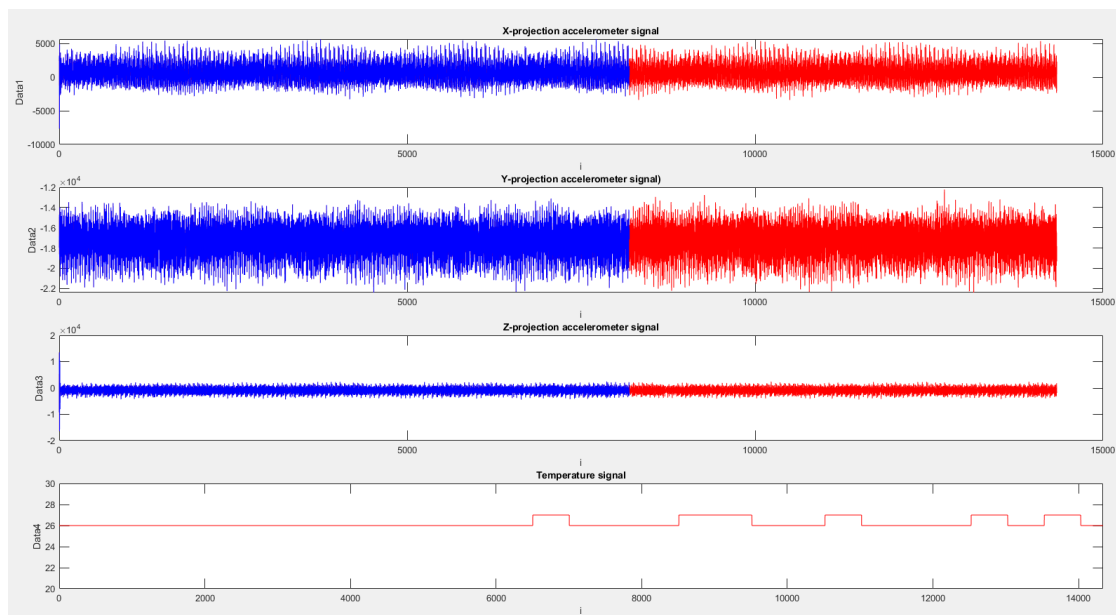


Рис. 4. Проекция сигнала x, y, z на всем интервале измерений (красный) и на интервале, выделенном для спектрального анализа (синий). Нижний график – колебания температуры на всем интервале измерений. Сигнал новой форсунки

На рис. 4 и рис. 6 представлены проекции сигнала x, y, z на всем интервале измерений (красный) и на интервале, выделенном для спектрального анализа (синий), для обоих вариантов форсунок. Нижний график – колебания температуры на всем интервале измерений.

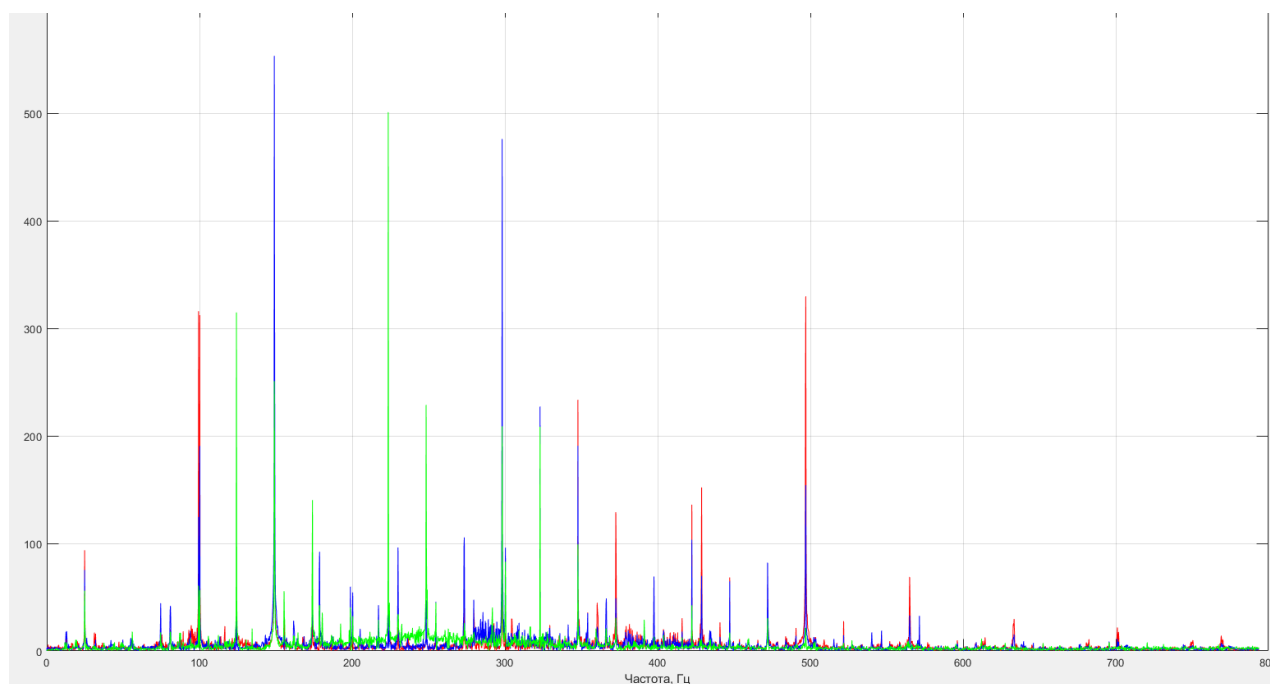


Рис. 5. Спектр новой форсунки

На рис. 5 и рис.7 представлены спектры вибраций для новых и изношенных форсунок.

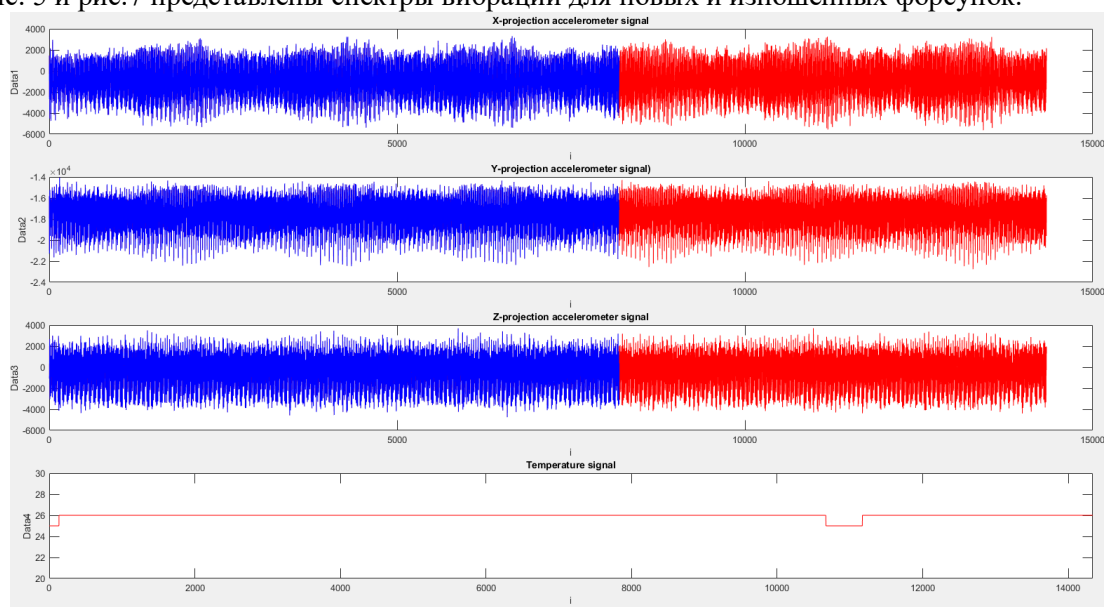


Рис. 6. Проекция сигнала xuz на всем интервале измерений (красный) и на интервале, выделенном для спектрального анализа (синий). Нижний график – колебания температуры на всем интервале измерений. Сигнал изношенной форсунки

Результаты анализа показали, что основные пики для изношенной форсунки находятся на частоте 150 и 300 Гц. Пиковых участков меньше чем у новой форсунки, а значения амплитуды в пиках высокие – более 800 единиц. Для новой форсунки пики более равномерно распределены по частоте и значения амплитуды меньше на 200 единиц в сравнении с изношенной форсункой.

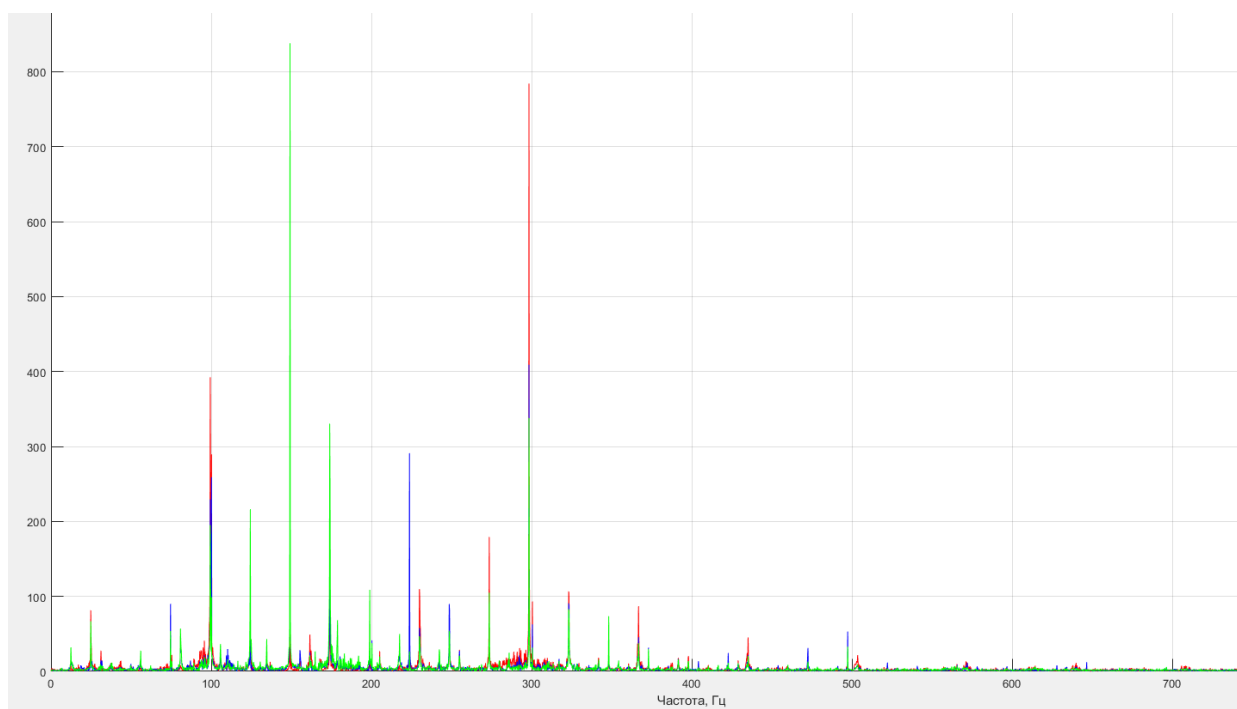


Рис. 7. Спектр изношенной форсунки

Аналогично проводилась обработка результатов измерения акустического сигнала. Результаты акустических исследований показывают, что амплитуда колебаний акустического сигнала для изношенной форсунки составляет порядка 150 единиц, в то время как новая форсунка работает тише – до 120 единиц на низких частотах – до 250 Гц. Звук работы форсунок для новой и изношенной форсунок на частоте 1000 Гц наоборот для новой – 80, для изношенной – 50.

В результате виброакустического анализа можно сделать вывод, что для диагностирования состояния форсунки можно использовать как акустический, так и вибрационный сигнал и по результатам их комплексной оценки судить об исправности.

Результаты исследования виброакустических характеристик форсунок при различных условиях работы

Для выявления закономерностей изменения спектра вибрации новой и изношенной форсунок при различных режимах работы двигателя в лаборатории технического сервиса топливной аппаратуры и агрегатов гидросистем УО «БГАТУ» были проведены дополнительные исследования виброакустических характеристик. Анализ полученных спектров показывает, что при включении компрессора, когда форсунка находится под минимальным давлением, вибрационные возмущения по амплитуде имеют минимальные значения. Для изношенной форсунки на частоте 200 Гц характерны большие по амплитуде возмущения, достигающие 10 единиц, для аналогичных условий у новой форсунки амплитуда не превышает 6 единиц.

При давлении 158 бар на частоте 150 Гц для новых и изношенных форсунок характерны аналогичные по амплитуде возмущения.

Аналогичные возмущения можно наблюдать на частоте 300 Гц, в то время как на частоте 500 Гц пики характерны только для изношенной форсунки.

При давлении 200 бар работа новой форсунки характеризуется равномерно распределенными на частотах 100–700 Гц пиками различной величины, в то время как распределение пиков с равными шагами характерно для интервала 200 – 500 Гц. У изношенной форсунки появляются дополнительные пики по амплитуде на частоте 300-400 Гц, которые не характерны для новой форсунки.

При давлении 1000 бар и выше у новой форсунки образуются два ярко выраженных пика на частотах 150 и 220 Гц.

Подводя итог, необходимо отметить, что полученные результаты являются обобщением сравнительно небольшого количества опытов. Однако даже по результатам обработки имеющихся данных можно утверждать, что как вибрационный, так и акустический сигнал узлов и деталей объекта может быть использован для диагностирования технического состояния. При этом основными методами обработки сигнала должны служить как спектральный анализ, так и вейвлет-преобразования. Также важным элементом получения необходимой информации о техническом состоянии узлов и агрегатов является изучение виброакустических сигналов при различных режимах работы.

Заключение

В соответствии с разработанным планом исследований с помощью разработанного диагностического устройства (многоканальной системы с гибкой структурой) проведены виброакустические исследования форсунок Bosch на стенде CR-Jet 4E. Выполнена обработка полученных сигналов в системе Mathcad с последующим спектральным анализом и вейвлет-преобразованиями с использованием пакета программ MATLAB [4, 5, 6, 7], в результате чего отмечено, что для изношенных форсунок характерен менее выраженный спектр постоянства колебаний относительно оси y .

Список использованных источников

13. Ролич, О.Ч. Многоканальная интегрированная система виброакустической и тепловой диагностики дизельных двигателей [Текст] / О.Ч. Ролич, В.Е. Тарасенко // Агропанорама. – 2019. – № 5. – С. 42–45.
14. Ролич, О.Ч. Интегрированная система виброакустической и тепловой диагностики систем, узлов и механизмов дизельного двигателя на базе беспроводной mesh-сети [Текст] / О.Ч. Ролич, В.Е. Тарасенко, И.И. Балаш // Агропанорама. – 2019. – № 6. – С. 38–41.
15. Основы цифровой обработки сигналов: учеб. пособие / В. Г. Коберниченко ; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2018. — 150 с.
16. Математические основы обработки сигналов. Практикум: учебное пособие ! ОС. Вадутов ; Томский политехнический университет. – 3-е изд., испр. и доп. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета. 2014. – 102 с.
17. Цифровая обработка сигналов: учеб. пособие. – 3-е изд. — СПб. : БХВ-Петербург, 2011. — 768 с.
18. Дьяконов В. MATLAB. Обработка сигналов и изображений. Специальный справочник.
19. Frequency Analysis of Vibrations of the Internal Combustion Engine Components in the Diagnosis of Engine Processes / Franciszek Tomaszewski, Grzegorz M. Szymanski / The archives of transport Vol. XXIV, 2012.

Н.Г. Бакач¹, В.И. Передня¹, Е.Л. Жилич¹, Д.В. Заяц¹, А.А. Кувшинов¹, В.Ф. Радчиков²

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: belniig@tut.by

КОМПЛЕКТ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЛЕГКОУСВОЯЕМОГО КОНЦЕНТРАТА НА ОСНОВЕ МЕСТНОГО ЗЕРНОВОГО СЫРЬЯ ДЛЯ МОЛОДНЯКА ЖИВОТНЫХ КЛК-0,7

Разработанная технология и комплект оборудования позволяют перерабатывать любые растительные корма в легкоусвояемый концентрат, поедание которого приводит к уменьшению сроков адаптации телят и к более раннему поеданию растительных кормов, ускорению развития пищеварения, уменьшению расхода цельного молока и повышению привесов.

Ключевые слова: телята, комплект оборудования, молочный период, растительные корма, легкоусвояемый концентрат, измельчение, экструдирование, смешивание, экструдат.

M.G. Bakach¹, V.I. Perednya¹, E.L. Zhilich¹, D.V. Zayats¹, A.A.Kuvshinov¹, V.F.Radchikov²

¹RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»

Minsk, Republic of Belarus

e-mail: npc_mol@mail.ru

²RUE «SPC NAS of Belarus on animal husbandry»

Zhodino, Republic of Belarus

e-mail: belniig@tut.by

SET OF EQUIPMENT FOR THE PRODUCTION OF EASILY DIGESTIBLE CONCENTRATE BASED ON LOCAL GRAIN RAW MATERIALS FOR YOUNG ANIMALS EDC- 0,7

The technology and set of equipment can process any plant food in a readily digestible concentrate eating which leads to reduction of terms of adaptation of calves to early eating plant forage, to accelerate the development of the digestive system, reducing consumption of whole milk and increase weight gain.

Keywords: calves, equipment set, dairy period, vegetable feed, easily digestible concentrate, grinding, extrusion, mixing, extrudate.

Введение

Согласно зоотехническим исследованиям, потенциал молочной продуктивности коровы закладывается уже на этапе выращивания телят и более чем на 60 % зависит от условий выращивания телят и их кормления.

Основным кормом телят молочного периода в хозяйствах Беларуси и России до настоящего времени является цельное молоко. В настоящее время, при дефиците молока, на выпойку одного теленка расходуют 350–400 литров цельного молока, а с учетом вторичных молочных продуктов (обрат, сыворотка и т.д.) в переводе на сухое вещество, телятам от 12 до 16 % валового производства молочных продуктов.

В последние годы в Беларуси выпускаются заменители молока, основанные на сухом обезжиренном молоке (СОМ), обогащенном различными добавками для повышения питательности. К примеру, заменитель, производимый на АО «Экмол» (ССК-2), содержит в своем составе 48 % сухого молока и около 17% гидрогенизированного жира с добавками витаминов и микроэлементов, однако из-за недостатка необходимого количества этих дорогостоящих компонентов, указанный заменитель так и не нашел широкого распространения.

Выпускаемый ЗЦМ в зависимости от состава имеет высокую стоимость: по данным Минсельхозпрода Республики Беларусь на сегодняшний день стоимость одного килограмма

выпускаемого ЗЦМ составляет от 105 до 115 рос. рублей, по данным Росстата стоимость одного килограмма выпускаемого ЗЦМ составляет от 100 до 125 рос. рублей.

В настоящее время в мировой практике разрабатываются и используются различные способы подготовки зерна к скормливанию, в основе которых лежит его влаготепловая обработка. Одним из таких способов является экструдирование.

По этой технологии зерно подвергается фазовым превращениям: из хрупкого стеклообразного состояния в высокоэластичное, а затем в вязкотекучее вещество, в зерне происходят биохимические изменения: денатурация белка, клейстеризация крахмала, инактивация биологически активных веществ.

В процессе экструзии вследствие желатинизации крахмала и деструкции целлюлозно-лигнинного комплекса значительно улучшается кормовая ценность исходных компонентов: количество крахмала уменьшается на 12 %, а количество декстринов увеличивается многократно.

Основная часть

В первые дни после рождения теленка единственным кормом является молозиво, а затем цельное молоко или его заменитель, поскольку у новорожденного функционирует только сыгуч, а рубец находится еще в развитии. Поэтому теленок может усваивать только жидкую пищу.

Но как подтверждают многочисленные исследования, после 5–6 дней жизни телят следует приучать к поеданию и растительных кормов [1,2]. Так по данным Пшеничникова [3], при правильном кормлении телят усиливается рост рубца, который к 30-ти дням может увеличиваться до размеров сыгуча (отношение их объемов составляют примерно 1:1) и теленок может потреблять кроме молочных продуктов и растительные корма. С 3-недельного возраста у телят начинается становление жвачного процесса, т.е. происходит переход от кишечного пищеварения к желудочному.

С целью приучения телят молочного периода к поеданию растительных кормов, в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» совместно с Научно-практическим центром Национальной академии наук Беларуси по животноводству, разработали инновационную технологию и изготовили комплект оборудования для производства легкоусвояемого сухого концентрата.

Комплект высокотехнологичного оборудования выпускается в блочно-модульном исполнении и состоит из блоков приема и дозирования, смешивания, экструдирования, охлаждения, измельчения и упаковки.

Комплект оборудования предназначен для производства легкоусвояемого концентрата на основе местного зернового сырья для молодняка животных и, в автоматическом режиме, выполняет следующие операции:

- учет и контроль по весу поступающих компонентов согласно заданному рецепту при приготовлении порции концентрата;
- учет и контроль по весу готовой продукции;
- контроль над ходом технологического процесса и работой отдельных механизмов.

Общий вид комплекта оборудования КЛК-0,7 представлен на рис. 1.



Рис. 1. Общий вид комплекта оборудования КЛК-0,7

В состав комплекта входит следующее оборудование (рис. 2).

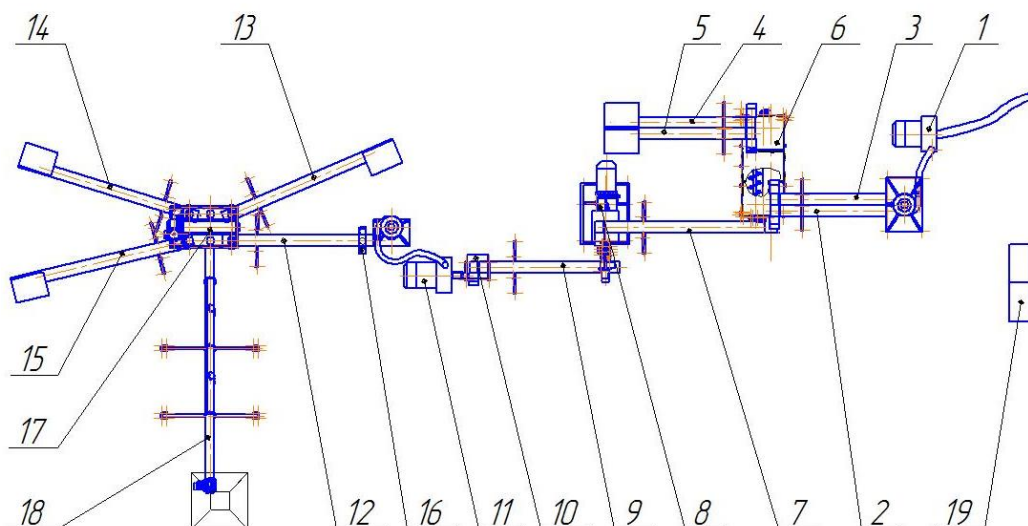


Рис. 2. Технологическая схема комплекта оборудования

1 – дробилка зерновых компонентов; 2 – питатель зерна; 3 – питатель люпина или гороха;
 4 – питатель семян льна; 5 – питатель семян рапса; 6 – смеситель винтовой; 7 – конвейер;
 8 – экструдер; 9 – охладитель; 10 – бункер экструдата; 11 – дробилка экструдата;
 12 – питатель экструдата; 13 – питатель СОВ; 14 – питатель сыворотки сухой; 15 – питатель комбикорма; 16 –
 микродозатор; 17 – смеситель лопастной; 18 – конвейер готовой продукции; 19 – система управления

Комплект оборудования для производства легкоусвояемого концентрата оснащен автоматической системой управления (АСУ).

Система предназначена для повышения точности работы дозаторов надежности и ремонтпригодности весодозирующего оборудования, а также повышение качества приготовления легкоусвояемого концентрата.

Функциональные возможности:

- управление работой в ручном, автоматическом режиме, а также в режиме наладки;
- задание и хранение в памяти контроллера рецептуры приготовления легкоусвояемого концентрата;
- индикация процесса дозирования;
- хранение информации о расходе сырья и готовой продукции с возможностью выборки за заданный период;
- аварийная сигнализация и остановка оборудования в нештатных ситуациях.

Принцип работы весового оборудования состоит в преобразовании деформации упругого элемента тензометрического весоизмерительного датчика, возникающей под воздействием взвешиваемого груза, в аналоговый электрический сигнал; преобразование в дискретном отсчетном устройстве аналогового сигнала в цифровую форму с последующей цифровой обработкой микропроцессором и выдачей результата на цифровые индикаторы. На экране операторской панели отображаются процессы выполняемые комплектом оборудования в режиме реального времени. Основной экран системы управления представлен на рис. 3.

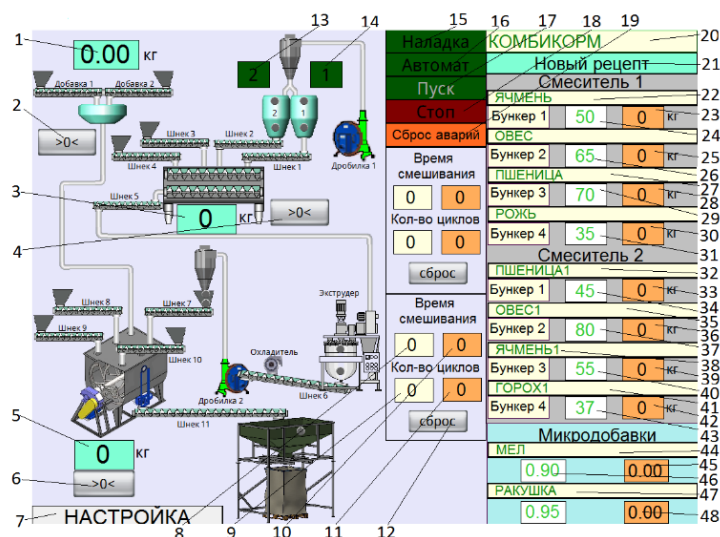


Рис. 3. Основной экран операторской панели

Производство сухого концентрата осуществляется следующим образом: зерновые компоненты посредством всасывающего пневмопровода по очереди подбираются и транспортируются через сепаратор камнеотделитель, где отделяются от крупных тяжелых примесей, и поступают в измельчитель, который грубо измельчает их, и по напорному пневмопроводу, по очереди, загружается в бункера-накопители. Затем измельченные зерновые компоненты затем по очереди транспортируются и загружаются в смеситель винтовой, установленный на весах. В смеситель винтовой, без измельчения по очереди также поступают и масляные компоненты, типа рапса и льносемени, из своих бункеров-питателей.

Отдозированные зерновые и масляные культуры смешиваются в смесителе винтовом и поступают в магнитную колонку, где отделяются от металлических примесей, полученная зерносмесь выгружается в приемный бункер винтового конвейера.

Последний транспортирует зерносмесь в устройство увлажнения и подогрева, смонтированное на экструдере, где увлажняется и подогревается до заданных значений, а затем дозированно подается в экструдер.

В экструдере подготовленная зерносмесь подвергается кратковременному, но очень интенсивному механическому и термическому воздействию. Под действием высокой температуры и давления, зерносмесь превращается в легкоусвояемый экструдат, который выгружается в охладитель, где охлаждается и поступает в пневмоизмельчитель для доизмельчения и загрузки его в бункер-питатель.

Все подготовленные компоненты сухого концентрата затем по очереди, дозированно по массе загружаются в смеситель с весовым устройством: измельченный экструдат – из бункера-питателя, сухое обезжиренное молоко – из бункера-накопителя, сухая сыворотка – из бункера накопителя, витаминно-минеральный премикс ПКР-1 – из бункера-питателя и комбикорм также из своего бункера-питателя. После загрузки все компоненты сухого концентрата перемешиваются в смесителе и выгружаются в бункер-накопитель готовой продукции посредством выгрузного конвейера.

Суть инновационной технологии и комплекта оборудования заключается в том, что начиная с 6–8 дневного возраста телятам, наряду с кормлением цельным молоком или качественным заменителем цельного молока, предлагают сбалансированный по питательности сухой легкоусвояемый концентрат, который засыпают в кормушки.

Включение в состав концентрата сухого обезжиренного молока позволяет ускорить процесс адаптации животных к более раннему поеданию сухого концентрата благодаря запаху цельного молока. Кроме того, включение сухого обезжиренного молока, сухой сыворотки увеличивает перевариваемость и усвояемость сухого концентрата, что приводит к более высоким приростам живой массы телят.

Экструзионная обработка всех зернобобовых и масляных культур позволяет переварить сложные органические соединения в легкоусвояемые простые сахара и провести инактивацию антипитательных веществ [4], что также стимулирует рост и развитие рубца и в конечном счете

приводит к сокращению сроков кормления телят цельным молоком, а также к поеданию растительных кормов и приросту живой массы, что подтверждается проведенными исследованиями на молочно-товарной ферме «Березовица», «ЖодиноАгроПлемЭлита». В процессе проведения опыта [5] изучались зоотехнические и биохимические показатели, такие как: количество съеденных кормов, их химический состав и питательная ценность, анализ крови и др. показатели. В табл. 1 представлены средние результаты по фактически съеденным кормам контрольной и опытной групп.

Т а б л и ц а 1. – Рацион кормления и фактическое количество съеденных кормов

Корма	Группы	
	контрольная	опытная
Сено злаковое, кг/гол	0,40	0,55
Силосно-сенажная смесь, кг/гол	0,45	0,5
Молоко цельное, кг/гол	6,00	3,50
Концентрат легкоусвояемый, кг/гол	-	0,80
Комбикорм КР-1, кг/гол	0,60	-

Из анализа табл. 1 видно, что при поедании легкоусвояемого концентрата на основе местного сырья телята больше поедали растительных кормов, при меньшем использовании молочных продуктов, что приводило к более интенсивному развитию рубцового пищеварения. Кроме того, при проведении опытов производился забор и анализ крови после каждого кормления через 2,5–3,0 часа при утреннем кормлении.

По содержанию в крови белков, гемоглобина, эритроцитов, лейкоцитов, кальция и других показателей у животных сравниваемых групп достоверных различий не обнаружено, все показатели находились в пределах физиологической нормы. Исследование гематологических показателей не выявило также какого-либо отрицательного воздействия на состояние здоровья при использовании в рационе легкоусвояемого концентрата.

Показатели прироста живой массы телят очень важны при оценке эффективности использования питательных веществ кормов рациона.

Проведенные исследования показали, что телята опытной группы, которым скармливали легкоусвояемый концентрат, имели энергию роста выше, чем в контрольной группе (табл. 2).

Т а б л и ц а 2. – Результаты испытаний прироста живой массы телят

Показатели	Группы	
	контрольная	опытная
Количество животных, гол	15	15
Живая масса:		
в начале опыта, кг	41,2	41,3
в конце опыта, кг	102,0	111,8
Среднесуточный прирост, г	658,0	703,0
Процент, %	100	106,6
Затраты кормов на 1 кг привеса, корм. ед.	5,76	5,43
В процентах к контрольной группе, %	100	94,4
Стоимость суточного рациона, дол	2,54	2,05
Себестоимость 1 кг прироста, дол	3,79	3,05

Из представленных в таблице данных видно, что скармливание телятам молочного периода кормового концентрата способствовало повышению продуктивности на 6,6 % и снижению затрат на 5,73 %.

Заключение

Предлагаемый комплект оборудования для производства легкоусвояемого концентрата в качестве полноценного конкурентоспособного заменителя цельного молока, созданного на основе местного зернового сырья, позволит уменьшить сроки адаптации телят молочного периода к поеданию легкоусвояемого концентрата и других растительных кормов; ускорить процесс развития рубцового пищеварения, благодаря более раннему поеданию легкоусвояемого концентрата и других растительных кормов; уменьшить расход цельного молока, повысить суточные привесы на 6,6 и снизить затраты кормов на 5,73 %.

Список использованных источников

1. Рыдак, П.А. Передовые методы выращивания молодняка крупного рогатого скота / П.А. Рыдак. – Минск : Ураджай, 1984 г.
2. Плященко, С.И. Получение и выращивание здоровых телят / С.И. Плященко, Н.А. Сидоренко, А.Ф. Трофимов. – Минск : Ураджай, 1990 г.
3. Пшеничный, П.Д. Рост и развитие крупного рогатого скота. Скотоводство / П.Д. Пшеничный. – М. Сельхозиздат, 1961. – Т 1. – 299 с.
4. Передня, В.И. Инновационный способ кормления телят в молочный период / В.И. Передня, В.Романюк, А.А. Романович. Woda-Srodiwisko-Obszary Wiesskie 2019 T.19. Z3 (67) institute Technologicznj-Pszyzodniczy w Falentach. 2019.
5. Афанасьев, В.А. Приоритетные методы тепловой обработки зерновых компонентов в технологии комбикормов / В.А. Афанасьев, А.Н. Остриков – Воронеж. 2015 – 335 с.

И.И. Гируцкий, Ю.А. Ракевич, А.Г. Сеньков
*Белорусский государственный агротехнический университет
Минск, пр. Независимости 99
gir_50@mail.ru*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕРМОГРАФИЧЕСКОГО МЕТОДА ДИАГНОСТИКИ МАСТИТА ДОЙНЫХ КОРОВ

В статье классифицированы методы диагностики мастита коров: лабораторные методы и приборные косвенные методы реального времени. Приведены результаты экспериментальных исследований термографического метода диагностики мастита у коров. Обсуждены перспективы встраивания информации о результатах термографии вымени коровы в систему управления стадом.

Ключевые слова: диагностика, мастит, термография, корова, статистика.

I.I. Girutsky, Yu.A. Rakevich, A.G. Senkov
*Belarusian State Agrotechnical University
Minsk, Nezavisimosti pr. 99
gir_50@mail.ru*

The article classifies methods for diagnosing cow mastitis: laboratory methods and instrumental indirect methods of real time. The results of experimental studies of the thermographic method for diagnosing mastitis in cows are presented. The prospects for embedding information on the results of udder thermography into the herd management system are discussed.

Keywords: diagnostics, mastitis, thermography, cow, statistics.

Введение

Актуальной задачей информационного обеспечения молочного скотоводства является определение субклинического мастита коров в реальном масштабе времени [1,2]. Диагностика клинических маститов основана на появлении аномального молока. У такого молока изменяется запах, цвет, консистенция, отмечается наличие хлопьев, сгустков или примесей крови. Диагностика субклинических инфекций более проблематична, т.к. молоко продолжает нормально вырабатываться, но имеет повышенное содержание соматических клеток. Диагностирование субклинического мастита может быть осуществлено разными способами, включая прямое измерение уровня содержания соматических клеток (ССК) или косвенное подтверждение диагноза с помощью проведения Калифорнийского мастит-теста (California Mastitis Test – CMT).

Основная часть

Но в условиях промышленного производства молока с беспривязным содержанием коров необходимо разработка новых и совершенствования существующих технологий и технических средств диагностики мастита, позволяющих определять заболевания в процессе дойки и обеспечивать индивидуальное обслуживание животных с целью предотвращения смешивания молока здоровых и больных животных и своевременным началом их лечения. Поэтому из многочисленных методов диагностики мастита у дойных коров особую значимость приобретают методы диагностики мастита по косвенным показателям, например, проводимость молока или температура вымени, использование которых возможно в реальном масштабе времени и легко интегрируемые по информационным параметрам в систему управления стадом (СУС) крупнорогатого скота (рис.1)



Рис. 1. Классификация методов диагностики мастита коров

Особый интерес и актуальность среди автоматизированных методов диагностики мастита у коров представляет термографический (см. рис.1), в силу своей бесконтактности и многофункциональности [3–8]. Но данный метод является косвенным, поэтому необходимо провести его экспериментальные исследования в условиях действующего производства. Экспериментальное исследование проводилось на молочно-товарной ферме Дружба-Агро, Слонимского района, Гродненской области.

Исследования проводились в два этапа. Было обследовано 580 коров дойного стада. Для определения мастита в хозяйстве используют кенотест фирмы Inter Clean (контроль). На первом этапе предварительно ветеринарам животные подвергались комплексному клиническому обследованию, далее по кенотесту были определены 4 группы по 30 коров с разными уровнями заболевания:

- в первой группе были здоровые животные с отрицательной пробой по кенотесту (-);
- во второй группе коровы с сомнительной пробой по кенотесту (+);
- третья группа включала животных с субклинической стадией мастита (++);
- четвертая – с клинически выраженной стадией мастита (+++).

На втором этапе проводились однократные измерения температуры вымени каждой из 30 коров, принадлежащих к различным группам животных (табл. 10). В качестве информационного параметра использована максимальная температура на термографическом снимке вымени коровы полученного с помощью ручного тепловизора марки – DT 9875. [9].

Т а б л и ц а 1. – Статистика экспериментальных данных максимальной температура вымени коров в зависимости от оценки кенотеста

№ опыта	Отрицательная проба (-)	Сомнительная проба (+)	Субклиническая стадия мастита (++)	Клиническая выраженная стадия мастита (+++)
1	35,3	37,8	38,6	40,5
2	36,4	37,4	38,5	39,2
3	37,2	36,2	37,8	39,1
4	35,8	37,6	38,7	39,6
5	37	37,1	38,2	39,8
6	36,2	37,9	38,1	39,7
7	35,2	36,5	38,8	40,1
8	36,2	37,1	37,5	40
9	35,8	37	38,6	39
10	36,6	37,4	38	39,6
11	37	37,2	38,2	40,2
12	36,2	37,9	38	39,1
13	37,1	37	38,9	39,6
14	34,8	37,8	38,7	39,7
15	36,9	37,2	38,4	39
16	35,1	37,9	38,9	40,4
17	36,2	37,1	38	39,3
18	35,1	37,9	38,9	40,2
19	36	37,3	38,6	39,4
20	36,4	37,5	39	39,6
21	37	37,2	38,4	39,7
22	36,2	37	38,7	39,2
23	34,6	37,2	38,1	40,4
24	36,9	37,3	38,9	39
25	37,2	37	39,1	39,8
26	36,8	37,5	38,1	39
27	37	36,1	38,4	40,1
28	34,8	37,2	38,3	39,8
29	37,1	37,8	39,6	39,6
30	36,4	37,6	38,2	39,3

Произведена статистическая обработка экспериментальных результатов по стандартной методике [10]. С увеличением степени заболеваемости маститом наблюдается рост средней по выборке температуры вымени коровы. Анализ случайных значений выборки $Y_1, \dots, Y_n$ на

принадлежность их к нормальному закону распределения по критерию среднего абсолютного отклонения (CAO), показывает на принадлежность к нормальному закону (табл.2).

Экспериментальное значение критерия CAO определены по формуле:

$$\theta_3 = \left| \frac{CAO}{S} - 0.7979 \right| = \left| \frac{\sum_{i=1}^n |Y_i - \bar{Y}|}{nS} - 0.7979 \right|.$$

А, табличное значение критерия CAO:

$$\theta_n = \frac{0.4}{\sqrt{n}}.$$

Критерий принадлежности случайных значений выборки $Y_1, \dots, Y_n$ к нормальному закону распределения: если $\theta_3 < \theta_n$, то случайные значения выборки $Y_1, \dots, Y_n$ принадлежат к нормальному закону распределения; если $\theta_3 > \theta_n$, то не принадлежат. Результаты статистической обработки данных показывают, что для описывания распределения вероятности максимальной температуры вымени коров, для каждой из 4-х групп, можно использовать нормальный закон (см. табл.2)

Т а б л и ц а 2. – Результаты обработки экспериментальных данных по максимальной температуре вымени коров для 4-х групп животных, полученные при доверительной вероятности $p = 0,95\%$

показатели	Отрицательная проба (-)	Сомнительная проба (+)	Субклиническая стадия (++)	Клиническая стадия (+++)
Число коров, n	30	30	30	30
Среднее значение температуры вымени по группе, $^{\circ}\text{C}, \bar{Y}$	36,2	37,3	38,5	39,6
Дисперсия, S^2	0,650	0,217	0,198	0,209
Проверка на нормальный закон распределения	да	да	да	да

Важным результатам статистической обработки экспериментальных данных является вывод о нормальном характере распределения плотности в вероятности максимальной температуры вымени

коровы для всех 4-х групп животных. Это позволяет использовать при дальнейшем анализе развитую теорию для нормального распределения. Кривые распределения плотности вероятности максимальной температуры вымени имеют зоны перекрытия (рис. 2), поэтому возникает задача поиска алгоритма принятия решения об отнесении конкретной коровы к одной из 4-х групп коров по результатам измерения максимальной температуры вымени.

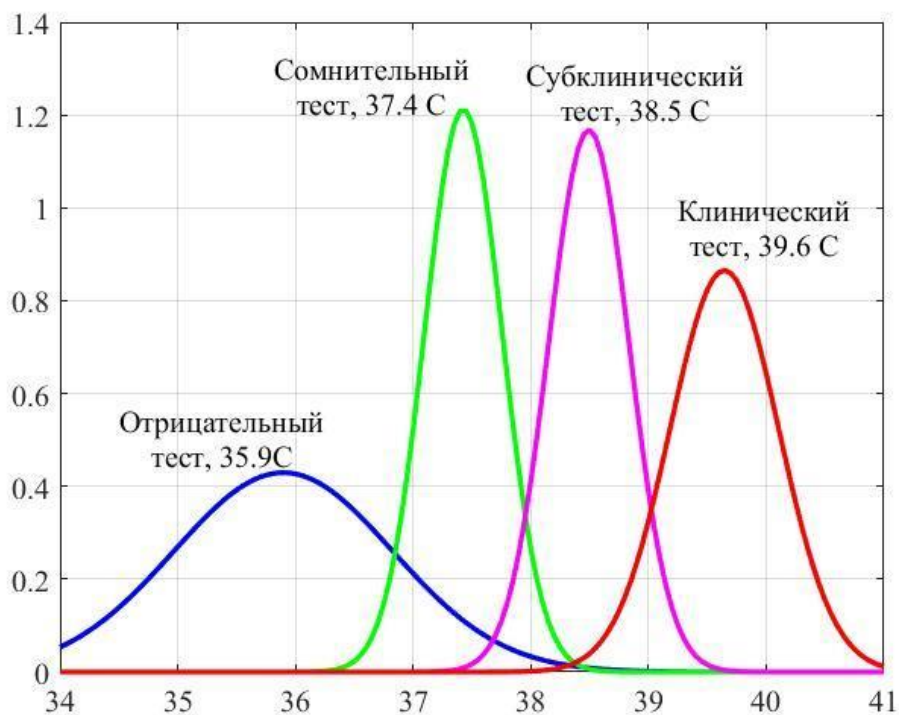


Рис.2. Распределение плотности в вероятности максимальной температуры вымени коровы для 4-х групп животных по степени заболевания маститом.

При принятии решения об отнесении конкретной коровы по результатам анализа термографического снимка возможны 4 варианта:

- правильное обнаружение отсутствия мастита;
- правильное обнаружение стадии мастита;
- пропуск заболевания;
- ложная тревога о заболевании.

Взаимное перекрытие кривых распределения температур вымени для различных групп животных можно объяснить биологической природой объекта контроля и влиянием различных возмущающих факторов, таких как стресс, изменение окружающей температуры, период лактации и т.п. Поэтому необходимо изучить влияние различных возмущающих факторов на результат анализа термографического снимка и возможности снижения дисперсии.

Очевидно, что на температуру вымени будет влиять воздействие доильного аппарата в процессе доения. Поэтому были проведены экспериментальные исследования изменения максимальной температуры вымени коров из разных групп непосредственно в процессе их доения (рис.3).

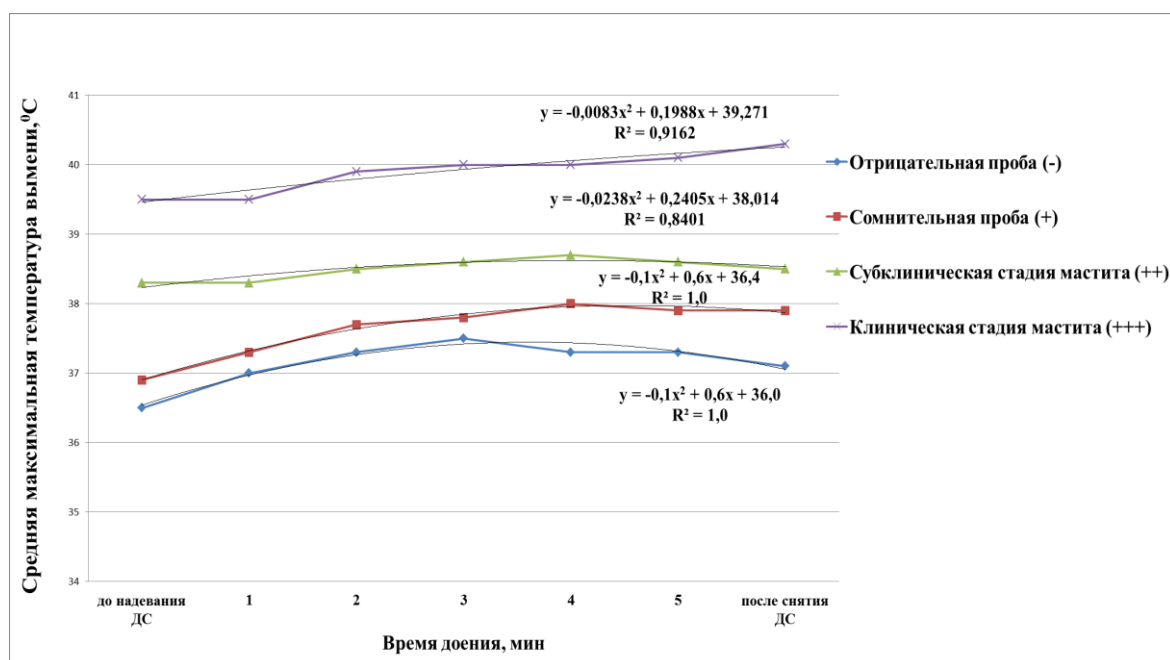


Рис.3. Динамика изменения средней максимальной температуры вымени до надевания доильных стаканов и после снятия через каждую минуту во время доения.

Таким образом (рис.3), в процессе доения температура вымени коровы существенно меняется, что необходимо учитывать момент получения термографического снимка при использовании для диагностики мастита.

Повысить надежность определения заболевания маститом дойных коров можно за счет многократного определения максимальной температуры вымени с последующей статистической обработкой результатов с применением теории принятия решений.

Дисперсия среднего арифметического в n раз меньше дисперсии отсчета. Отсюда следует важнейшее свойство результата многократного измерения: его неопределенность меньше, чем неопределенность результата однократного измерения

$$\sigma_x^2 = \overline{(\hat{x} - \bar{x})^2} = \dots = \frac{\sigma_x^2}{n}$$

Для изучения возможности снижения разброса данных путем многократного контроля температуры коровы в течение определенного временного промежутка с последующим усреднением были проведены экспериментальные исследования. Проводились измерения температуры для выбранных 4-х коров из различных групп по степени заболевания маститом. Измерения проводились 2 раза в день в утреннее и вечернее доение (табл.3).

Т а б л и ц а 3. – Результаты статистической обработки температур группы коров за 10-и дневный период

Критерии		Отрицательная проба (-)	Сомнительная проба (+)	Субклиническая стадия (++)	Клиническая стадия (+++)
Выборочное среднее	$\bar{Y}_{cp}$	34,5	37,0	38,4	39,8
Выборочная дисперсия	S^2	0,154	0,100	0,031	0,176
Экспериментальное значение критерия САО	$Q_{\text{э}}$	0,0181	0,0246	0,051	0,012
Табличное значение критерия САО	$Q_{\text{т}}$	0,1265	0,1265	0,126	0,126
Проверка на нормальный закон распределения	Норма	да	да	да	да

Многократные измерения температуры у конкретной коровы позволяют существенно уменьшить разброс данных и, тем самым, при дальнейшей обработке, повысить вероятность правильного принятия решений по степени заболевания маститом. Но, при этом, необходимо находить компромисс между длительностью сбора данных о температуре вымени конкретной коровы и оперативностью принятия решений. При этом, в силу статистического характера распределения температур вымени коров по степени их заболевания маститом актуальной задачей является выбор алгоритмов на основе статистической теории принятия решений [11].

Заключение

1. Среди классифицированных методов диагностики мастита, преимущества термографии заключаются в бесконтактности, низких затратах труда, времени и возможности информационной интеграции с автоматизированной системой управления стадом.

2. Проведены в условиях действующего производства экспериментальные измерения максимальной температуры вымени коров термографическим методом у 4-х групп животных, распределенных по степени заболевания маститом в соответствии с кенотестом. Плотность вероятности распределения температур у всех групп животных описывается нормальным законом. Средняя максимальная температура вымени в процессе доения составила у здоровых коров – 36,2 °С, при субклинической стадий мастита – 38,5 °С, а для клинической выраженной стадий мастита – 39,6 °С.

3. В силу биологической природы объекта контроля, подвергаемого возмущающим факторам, таким как стрессы, окружающая температура, период лактации и т.п. целесообразно осуществлять накопление данных в течение определенного периода с последующим усреднением. Усреднение данных по конкретным коровам из различных групп по степени заболевания маститом позволили значительно снизить разброс данных, что позволит повысить вероятность правильных решений. Кроме того, на температуру вымени коровы оказывает влияние и доильный аппарат, поэтому необходимо учитывать момент получения снимка в процессе доения коровы.

4. Распределение температур вымени коров по степени заболеваемости маститом носит характер нормального распределения, что позволит использовать развитую теорию принятия решений при разработке оптимального алгоритма выбора порога, при котором коровы будут относиться к различным группам заболеваемости маститом.

Список использованных источников

1. Гируцкий, И.И. Перспективы развития средств механизации и автоматизации доильного оборудования/ И.И. Гируцкий, В.И. Передня, Ю.А. Ракевич // Инновационные ресурсосберегающие технологии для производства биобезопасных комбикормов и конкурентоспособного молока : материалы академических чтений, посвященных 60-летию научной деятельности и 85-летию со дня рождения доктора технических наук, профессора Владимира Ивановича Передни, РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», – Минск, 2018. – С. 91–96.

2. Гируцкий, И.И. Перспективы развития средств механизации и автоматизации доильного оборудования/ И.И. Гируцкий, А.Г. Сеньков // Инновационные ресурсосберегающие технологии для производства биобезопасных комбикормов и конкурентоспособного молока : материалы академических чтений, посвященных 60-летию научной деятельности и 85-летию со дня рождения доктора технических наук, профессора Владимира Ивановича Передни, РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», – Минск, 2018. – С. 91–96.

3. Гируцкий, И.И. Компьютеризированные системы управления в сельском хозяйстве / И.И. Гируцкий, В.И. Передня, Ю.А. Ракевич // УО БГАТУ, 2014. – 212 с.

4. Klimienė, I., Ružauskas, M., Špakauskas, V., Mockeliūnas, R., Pereckiene, A., Butrimaitė-Ambrozevičienė, Č. Prevalence of gram positive bacteria in cow mastitis and theirsusceptibility to beta-Lactam antibiotics. Veterinarija ir Zootechnika – Veterinary Medicine and Zootechnics, Vol. 56, Issue 78, 2011, – P. 65–72.

5. Zecconi, A., Hahn, G. Staphylococcus aureus in raw milk and human health risk. Bulletin of the International Dairy Federation, Vol. 345, 2000, 15–18 p.

6. Sathiyabarathi1, M., Jeyakumar, S., Manimaran, A., Jayaprakash, G. Infrared thermography : A potential noninvasive tool to monitor udder health status in dairy cows, Vol.9, 2016, – P. 1075 – 1080.

7. Viguiet, C., Arora, S., Gilmartin, N., Welbeck, K., O'Kennedy R. Mastitis detection: current trends and future perspectives. Trends in Biotechnology, Vol. 27, Issue 8, 2009, – P. 486–493.
8. Pyorala, S. Indicators of inflammation in the diagnosis of mastitis. Veterinary Research, Vol. 34, 2000, – P. 565–578.
8. Schalm, O. W., Noorlander, D. O. Experiments and observations leading to development of the California mastitis test. Journal of the American Veterinary Medical Association, Vol. 130, 1957, – P. 199–204.
9. Гируцкий, И.И. Анализ инфракрасного изображения вымени коров / И.И. Гируцкий, В. И. Передня, Ю.А. Ракевич // Агропанорама, 2018. – №6 (130). – С. 9–12.
10. Основы научных исследований и моделирования: учебно-методический комплекс / А.И. Леонов, М.М. Дечко, В.Б. Ловкис. – Минск: БГАТУ, 2010. – С. 11–59.
11. Сосулин, Ю.Г. Теория обнаружения и оценивания стохастических сигналов / Ю.Г. Сосулин // М. : Советское радио, 1978 . – 320 с.

А.И. Филиппов¹, А.А. Аутко¹, Э.В. Заяц¹, Н.Д. Лепешкин³, В.П. Чеботарев²

¹УО «Гродненский государственный аграрный университет»,
г. Гродно, Республика Беларусь,
a.fil07@mail.ru

²УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь,
v.p.chebotarev@tut.by

³РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск Республика Беларусь,
belagromechmo@tut.by

ОПРЫСКИВАТЕЛЬ ТЕЛЕСКОПИЧЕСКИЙ КОМБИНИРОВАННЫЙ ДЛЯ ОБЪЁМНОГО И ЛЕНТОЧНОГО ВНЕСЕНИЯ РАБОЧИХ РАСТВОРОВ

В данной статье приводятся технические и конструктивные параметры разработанного и предложенного нами опрыскивателя для объёмного внесения рабочих растворов.

Данное оборудование рекомендуется для использования в составе культиватора для междурядной обработки; отдельной сельскохозяйственной машиной при возделывании картофеля, борьбе с колорадским жуком, другими вредителями и болезнями растений, которые находятся в основном на нижней части листьев; качественной обработки картофеля биологическими препаратами и подкормки жидкими минеральными удобрениями.

Ключевые слова: оборудование, объёмное внесение, гряды, картофель, растения, агрегат, рабочие органы, обработка, экологическое земледелие.

A.I. Filippov¹, A.A. Autko¹, E.V. Zayats¹, N. D. Lepeshkin³, V.P. Chebotarev²

¹Education institution "Grodno State Agrarian University"
Ministry of Education of the Republic of Belarus, Grodno, Republic of Belarus,
a.fil07@mail.ru

²Education institution "Belarusian State Agrarian Technical University"
Ministry of Education of the Republic of Belarus, Minsk, Republic of Belarus
v.p.chebotarev@tut.by

³RUE "SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization"
Minsk, Republic of Belarus
belagromechmo@tut.by

TELESCOPIC COMBINED SPRAYER FOR VOLUME AND TAPE APPLICATION WORKING SOLUTIONS

This article provides the technical and design parameters of the equipment developed and proposed by us for the volume application of working solutions. This equipment is recommended for use as a part of a cultivator for inter-row cultivation or as a separate agricultural machine for potato cultivation, control of the Colorado potato beetle, other pests and plant diseases that are located mainly on the lower part of the leaves, as well as qualitatively process potato plants with biological preparations and feed liquid mineral fertilizers, which is one of the urgent tasks in the cultivation of environmentally friendly potatoes.

Keywords: equipment, volumetric deposition, of the ridge, potatoes, plants, Assembly, working bodies, processing, organic farming.

Введение

Определяющим фактором при усовершенствовании существующих технологий, обеспечивающих существенное снижение пестицидной нагрузки, является применение средств механизации, обеспечивающих выполнение многих технологических операций, обладающих новыми конструктивными решениями, способствующих максимальному уничтожению сорной растительности на всех фазах роста и развития возделываемой культуры. В этой связи планируется создать новые типы рабочих органов, обладающих возможностью полного механического уничтожения сорной растительности, а также для повышения действия рабочих растворов, биопрепаратов и растворимых микроудобрений и устройство для нанесения на растения жидких растворов объемным способом, обеспечивающее одновременную обработку препаратами нижнюю и верхнюю часть листьев [1, 2, 3].

Основная часть

Недостаток известного культиватора-опрыскивателя КОУ-4/6, который используется для междурядной обработки картофеля с одновременным внесением рабочих растворов ленточным способом, заключается в том, что при выполнении технологического процесса при обработке растений жидкими рабочими растворами, их нанесение на растение происходит только сверху вниз и в основном на верхнюю часть растений.

При обработке таких сельскохозяйственных культур как картофель, такой опрыскиватель не обеспечивает полнообъемную обработку кустов картофеля со всех сторон, особенно с нижней части и внутри куста, что имеет важное значение в борьбе с колорадским жуком, личинками колорадского жука, другими вредителями и болезнями растений, находящимися, как правило, на нижней части листьев [1].

Задачей исследований и разработок является создание опрыскивателя телескопического комбинированного для объемного и ленточного внесения рабочих растворов, позволяющего проводить полную объемную обработку растений картофеля со всех сторон и особенно внутри куста. Это позволит максимально уничтожить колорадского жука, других вредителей, а также болезни растений, которые могут сохраняться на нижней части листьев, если обработку проводить только с верхней части растений.

Опрыскиватель можно быстро перенастроить, если это потребуется, на ленточное внесение рабочих растворов только верхними узлами распыла, направленными сверху вниз на растения, путём установки заглушек на многовекторные узлы распыла.

На рис. 1 представлен опрыскиватель телескопический для объемного и ленточного внесения рабочих растворов (общий вид).

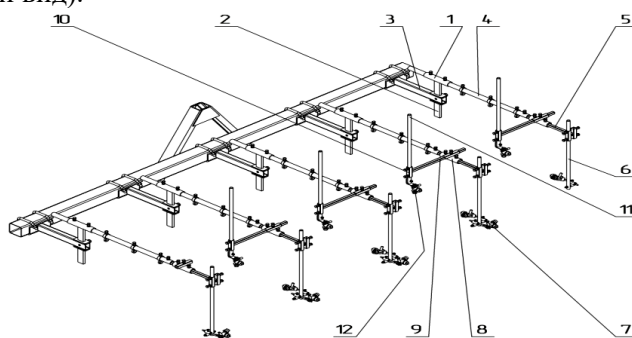


Рис. 1. Опрыскиватель телескопический комбинированный для ленточного и объемного внесения рабочих растворов

Опрыскиватель телескопический комбинированный для объемного и ленточного внесения рабочих растворов устроен следующим образом. Это телескопическая штанга 1, наружной частью жестко закрепленная на вертикальной стойке 2, которая в свою очередь закреплена на рабочей секции 3. Внутри наружной части телескопической штанги 1 вставлена передвижная труба 4 меньшим диаметром, в которую вставлена передвижная труба 5 с ещё меньшим диаметром, что даёт возможность их телескопического передвижения и фиксации. На конце передвижной трубы 5 установлена вертикальная стойка 6 с возможностью вертикального перемещения и фиксации.

В нижней части вертикальной стойки 6 закреплён многовекторный узел распыла 7, при этом на конечной части телескопической штанги 1 установлен крестообразный трубчатый фиксатор 8, в котором по горизонтали установлен шток 9 с возможностью горизонтального перемещения и фиксации, а на нём установлена втулка-фиксатор 10 в вертикальном положении, в которой размещена вертикальная стойка 11 с возможностью вертикального перемещения с фиксацией в нижней части, где которой закреплён узел распыла 12.

На рис. 2:

- секция опрыскивателя телескопического комбинированного в настройке для объемного внесения рабочих растворов;
- многовекторный узел распыла 7 с двумя распылителями направленными снизу вверх и в левую и в правую стороны, установлен и зафиксирован на вертикальной стойке 6 внизу;
- узел распыла 12 направленный сверху вниз, установлен и зафиксирован на вертикальной стойке 11 вверху.

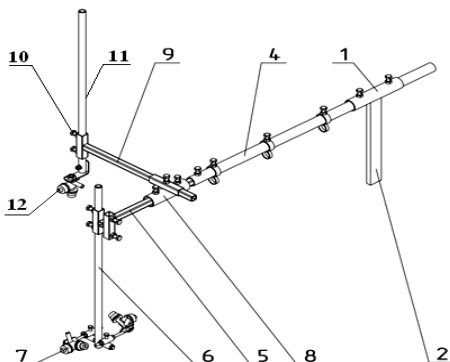


Рис. 2. Секция опрыскивателя телескопического комбинированного в настройке для объемного внесения рабочих растворов

На рис. 3 секция опрыскивателя телескопического комбинированного в настройке для объемного внесения рабочих растворов для левого стыкового междурядья, где многовекторный узел распыла 7 с одним распылителем, направленным снизу вверх и в правую сторону установлен и зафиксирован внизу на вертикальной стойке 6.

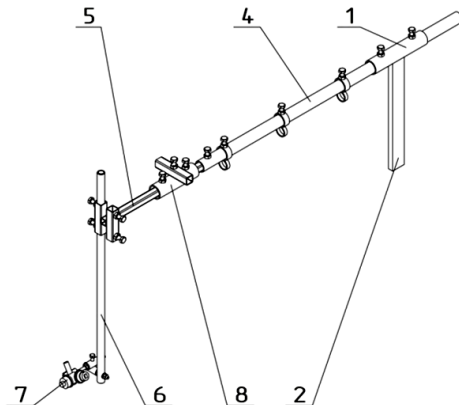


Рис. 3. Секция опрыскивателя телескопического комбинированного в настройке для объемного внесения рабочих растворов для левого стыкового междурядья

На рис. 4:

- секция опрыскивателя телескопического комбинированного в настройке для объемного внесения рабочих растворов для правого стыкового междурядья;
- многовекторный узел распыла 7 с одним распылителем, направленным снизу вверх и в левую сторону, установлен и зафиксирован внизу на вертикальной стойке 6;
- узел распыла 12 направленный сверху вниз на вертикальной стойке 11 установлен и зафиксирован вверху.

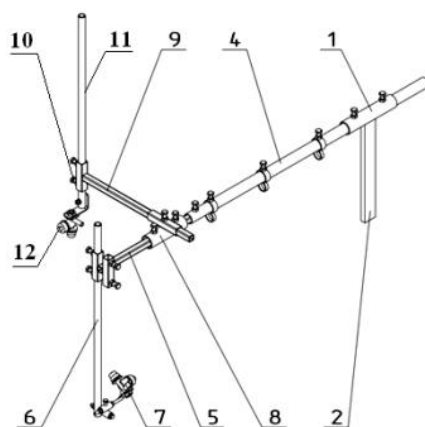


Рис. 4. Секция опрыскивателя телескопического комбинированного в настройке для объемного внесения рабочих растворов для правого стыкового междурядья

На рис. 5:

- секция опрыскивателя телескопического комбинированного в настройке для ленточного внесения рабочих растворов;
- многовекторный узел распыла 7 заглушен и установлен на вертикальной стойке 6 и зафиксирован максимально вверх;
- узел распыла 12, направленный сверху вниз, на вертикальной стойке 11 установлен и зафиксирован внизу.

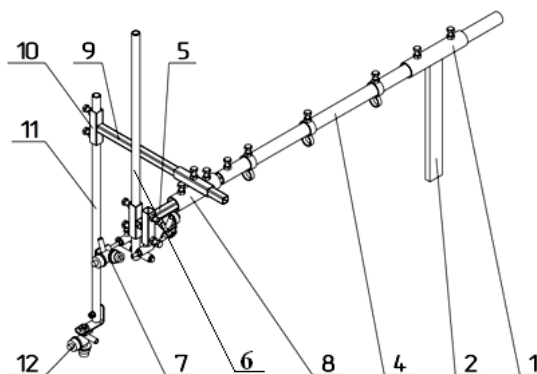


Рис. 5. Секция опрыскивателя телескопического комбинированного в настройке для ленточного внесения рабочих растворов

Технологический процесс опрыскивателя телескопического комбинированного происходит следующим образом:

- при обработке растений картофеля объемным способом, работают многовекторные узлы распыла 7, установленные и зафиксированные на вертикальных стойках 6, расположенные между рядами растений и направленные снизу вверх и в стороны;
- также, одновременно, работают и узлы распыла 12, направленные сверху вниз, установленные и зафиксированные вверху на вертикальных стойках 11, закрепленных на горизонтальных штоках 9 над растениями по центру гряд.

При обработке картофеля таким опрыскивателем многовекторные узлы распыла 7, находящиеся между рядами растений и на направленные снизу вверх и в стороны будут обрабатывать растения рабочими растворами с нижней части листьев и внутри куста. Причем они могут регулироваться перемещением и фиксацией вертикальных стоек 6 вверх или вниз, на нижней части которых они закреплены, в зависимости от высоты растений для достижения качественной обработки растений с нижней части листьев и внутри куста.

Одновременно при этом узлы распыла 12 направленные сверху вниз, установленные и зафиксированные вверху на вертикальных стойках 11, закрепленных на горизонтальных штоках 9 по центру гряд над растениями будут обрабатывать растения с верхней части. При этом вертикальная

стойка 11, на которой закреплены узлы распыла 12, может перемещаться и фиксироваться как вверх, так и вниз в зависимости от высоты растений для достижения качественной обработки верхней части растений. Опрыскиватель может использоваться как в составе культиватора для междурядной обработки, так и отдельно сельскохозяйственной машиной.

При обработке растений рабочими растворами ленточным способом на многовекторных узлах распыла 7 устанавливаются заглушки. Вертикальные стойки 6 с многовекторными узлами распыла 7, при этом поднимаются и фиксируются максимально вверх, а вертикальные стойки 11 с узлами распыла 12, направленными сверху вниз и расположенными на горизонтальных штоках 9 могут перемещаться вверх или вниз и фиксироваться в нужном положении, в зависимости от высоты ленточного внесения рабочих растворов. Ленточное внесение рабочих растворов может осуществляться перед посадкой картофеля при нарезке гребней, при довсходовой обработке или на верхнюю часть растений при послевсходовой обработке картофеля.

Использование опрыскивателя телескопического комбинированного для обработки растений, в частности картофеля рабочими растворами, позволяет наносить рабочие растворы как сверху вниз над рядами на верхнюю часть растений, так и под кроны растений, внутрь куста и на нижнюю часть листьев, под требуемыми углами.

Это важно при борьбе с колорадским жуком, личинками колорадского жука, другими вредителями и болезнями растений, которые находятся в основном на нижней части листьев. В результате такой обработки повышается качество и равномерность распределения рабочих растворов на растения со всех сторон, что оказывает положительное влияние на рост, развитие, качество и урожайность возделываемых культур.

В табл. 1 представлены исследования суммарного расхода рабочего раствора различными типами распылителей при ленточном внесении 4-мя распылителями, а также при объемной внесении 12-ю распылителями.

Т а б л и ц а 1. – Суммарный расход рабочего раствора различными типами распылителей при ленточном внесении 4-мя распылителями и при объемном внесении 12-ю распылителями

Марка распылителя	Давл ение ат/МПа	Расх од жидкости q л/мин	Норма высева (л/га) при скорости опрыскивания					
			6 км/ч		7 км/ч		8 км/ч	
			12 распыл.		12 распыл.		12 распыл.	
(желтые) 110.02 POL.VP	2/02	1	400		342		300	
	1,5/0,15	0,82	328		281		246	
	1/0,1	0,7	280		240		210	
(синие) Ст 110.03.iso	2/02	1,1	440		377		330	
	1,5/0,15	0,85	340		291		255	
	1/0,1	0,72	288		246		216	
(золотистые) верхние ТЕЕJET (40015E)	2/02	0,5	4 расп 66 л/га	12 расп 200 л/га	4 расп 57 л/га	12 расп 171 л/га	4 расп 50 л/га	12 расп 150 л/га
	1,5/0,15	0,45	4 расп 60 л/га	12 расп 180 л/га	4 расп 51 л/га	12 расп 154 л/га	4 расп 45л/га	12 расп 135 л/га
	1/0,1	0,38	4 расп 50 л/га	12 расп 152 л/га	4 расп 43 л/га	12 расп 130 л/га	4 расп 38 л/га	12 расп 114 л/га
(оранжевые) нижние V110(010) AG	2/02	0,3	8 расп 80 л/га	12 расп 120 л/га	8 расп 68 л/га	12 расп 102 л/га	8 расп 60 л/га	12 расп 90 л/га
	1,5/0,15	0,28	8 расп 74 л/га	12 расп 112 л/га	8 расп 64 л/га	12 расп 96 л/га	8 расп 56 л/га	12 расп 84 л/га
	1/0,1	0,25	8 расп 66 л/га	12 расп 100 л/га	8 расп 57 л/га	12 расп 96 л/га	8 расп 50 л/га	12 расп 75 л/га

Проведенные исследования суммарного расхода рабочего раствора различными типами распылителей на разработанном телескопическом опрыскивателе при ленточном внесении четырьмя распылителями при работе на разных скоростях и при разном рабочем давлении показывают, что наиболее оптимальный результат дают распылители TEEJET (40015E).

Например: при рабочем давлении 1 атм и скорости движения 6 км/ч – 50 л/га, при 7 км/ч рабочий расход – 43 л/га, при 8 км/ч – 38 л/га. При рабочем давлении 1,5 атм и скорости движения 6 км/ч – 60 л/га, при 7 км/ч – 51 л/га, 8 км/ч – 45 л/га. При рабочем давлении 2 атм и скорости движения 6 км/ч, рабочий расход четырьмя распылителями – 66 л/га, 7 км/ч – 57 л/га, 8 км/ч – 50 л/га.

При объемном внесении рабочих растворов двенадцатью распылителями этого же типа при рабочем давлении 1 атм и скорости 6 км/ч – 152 л/га, при 7 км/ч – 130 л/га, 8 км/ч – 90 л/га.

При рабочем давлении 1,5 атм и скорости 6 км/ч – 180 л/га, 7 км/ч – 154 л/га, 8 км/ч – 135 л/га. При рабочем давлении 2 атм и скорости 6 км/ч – 200 л/га, 7 км/ч – 171 л/га, 8 км/ч – 150 л/га.

Примерно такие же результаты соотношений значений по расходу рабочей жидкости дают показания и по другим типам распылителей. Из таблицы мы видим, что при увеличении скорости движения агрегата расход рабочей жидкости уменьшается, поэтому для достижения требуемой дозы внесения рабочей жидкости можно увеличивать рабочее давление.

Нижние распылители при объемной обработке желательно подбирать с меньшим расходом рабочей жидкости, так как они обрабатывают растения с двух сторон.

Полученные данные о спектре распыла дают возможность более точно определить параметр расположения распыливающей головки на требуемое расстояние от растения в зависимости от его фазы развития (табл. 2).

Т а б л и ц а 2. – Определение спектра распыла различными типами распылителей

Расстояние от распылителя до объекта.	Ширина факела распыла на разных расстояниях от распылителя.			
	Ст 110.03.исосиние	110.02 POL.VP желт.	TEEJET (40015E) золотист.	V110(010)AGоранж.
0,1 м	0,24	0,24	0,11	0,24
0,2 м	0,46	0,46	0,23	0,46
0,3 м	0,68	0,68	0,35	0,68
0,4м	0,92	0,92	0,48	0,92
0.5м	0,112	0,114	0,60	0,114

Таким образом, наиболее целесообразно применять для объемного опрыскивания щелевые распылители со спектром распыления 110⁰ (розовые) и щелевые распылители с углом распыла 70⁰. Учитывая то, что разработанный созданный узел крепления и регулировки распыляющей головки может регулироваться в трех плоскостях, то ширину спектра распыла можно изменять с учетом фазы развития растений, и обеспечивать объемное нанесение раствора на растения в требуемых дозах с минимальным расходом жидкости при этом, обработав растения со всех сторон.

Заключение

На основе проведенных исследований был разработан опрыскиватель телескопический комбинированный, включающий телескопические секции и узлы крепления распылителей. Разработан узел для установки одновременно двух распылителей под разными (требуемыми) углами, вращающийся и регулирующийся в трех плоскостях для качественной регулировки факела распыла при объемном внесении рабочих растворов на нижние, боковые и внутренние поверхности растений. В процессе разработки была создана новая конструкция опрыскивателя с телескопической комбинированной системой для обработки растений картофеля объемным или

ленточным способами, как в комплектации с универсальным агрегатом АУ – М2 , так и отдельной сельскохозяйственной машиной.

Внесение данным оборудованием препаратов объемным способом, включая верхний распыл рабочих растворов и нижний распыл в крону растений картофеля, будет способствовать увеличению урожайности картофеля. Для этих целей разработан экспериментальный образец оборудования, обеспечивающего объемную обработку растений рабочими органами.

В результате объемной обработки повышается качество и равномерность распределения рабочих растворов на растения со всех сторон, что оказывает важное значение на рост, развитие, качество и урожайность возделываемых культур. Необходимо проработать возможность установки устройства объемного внесения рабочих растворов на универсальный агрегат АУ-М2 для экологического земледелия.

Список использованных источников

- 1 Заяц, Э.В. Сельскохозяйственные машины: практикум // учебное пособие Э.В. Зайца [и др.]. – Минск : ИВЦ Минфина, 2019. – 518 с.
2. Заяц, Э.В. Анализ технологических операций и изыскание рабочих органов культиватора для ухода за картофелем при экологическом земледелии / Э.В. Заяц, А.А. Аутко, А.И. Филиппов, В.Н. Салей, П.В. Заяц // «Сельское хозяйство – проблемы и перспективы» сборник научных статей ; Гродно. – УО «ГГАУ», 2017. – С. 83–89.
3. Заяц, Э.В. Разработка рабочих органов машин для возделывания картофеля и овощей при экологическом земледелии. / Э.В.Заяц, А.А.Аутко, А.И.Филиппов, В.Н.Салей, П.В.Заяц // Материалы XX МНПК «Современные технологии сельскохозяйственного производства» ; – Гродно. УО «ГГАУ», 2017. – С. 182–184.
4. Лепешкин, Н.Д. Обзор зарубежных комбинированных агрегатов / Н.Д. Лепешкин, А.И. Филиппов, А.С. Добышев, К.Л. Пузевич // Материалы МНТК Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Беларуси и Болгарии // – Минск, 2016. – С. 141–147.
5. Лепешкин, Н.Д. Разработка и испытания рабочих органов и машин для обработки картофеля и овощных культур с минимальной пестицидной нагрузкой/Н.Д. Лепешкин, А.А. Ауко, Э.В. Заяц, А.И. Филиппов, П.В. Заяц, А.В. Зень // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве // Материалы МНТК посвященной 70-летию со дня образования РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2017. – С. 100–113.
6. Заяц, Э.В. Изыскание рабочих органов и типов машин для ухода за картофелем при экологическом земледелии / Э.В. Заяц, А.И. Филиппов, В.Н. Салей, П.В. Заяц // Современные тенденции развития технологий и технических средств в сельском хозяйстве: материалы междунар. науч.-практ. конф. посвященной 80-летию А.П. Тарасенко, доктора технических наук, заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора кафедры сельскохозяйственных машин Воронежского госуд. аграрного университета имени императора Петра I, Россия, Воронеж, 10 января 2017 г. – Воронеж, 2017 – Ч. 2 – С. 219–227.
7. Аутко, А.А. Агрегат для обработки профилированной поверхности почвы/ А.А.Аутко, Э.В.Заяц, А.И.Филиппов, С.В.Стуканов, А.В.Зень//Материалы XXI МНПК «Современные технологии сельскохозяйственного производства»; – Гродно. УО «ГГАУ», 2018. – с. 182–185.
8. Аутко, А.А. Усовершенствование рабочих органов к агрегату для производства картофеля на основе экологического земледелия / А.А.Аутко, Э.В.Заяц, Н.Д.Лепешкин, А.И.Филиппов, С.В.Стуканов, А.В.Зень//Материалы МНТК «Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве посвященной 110-летию со дня рождения академика М.Е. Мацепуро» ; – Минск, 2018. – С. 28–32.
9. Аутко, А.А. Устройство для механического уничтожения сорняков / А.А. Аутко, Э.В. Заяц, А.И. Филиппов, С.В. Стуканов, А.В. Зень // Современные технологии сельскохозяйственного производства: сборник научных статей по материалам XXI Международной научно-практической конференции ; – Гродно. УО «ГГАУ», 2018. – С. 139–142.
10. Аутко, А.А. Разработка агрегата и рабочих органов для обработки почвы при экологическом земледелии / А.А. Аутко, Э.В. Заяц, А.И. Филиппов, С.В. Стуканов, А.В. Зень //

Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий. – Рязань: ФГБОУВО «РГАУ им. П.А. Костычева», 2018. – С. 14–19.

11. Заяц, Э.В. Фрезерный лучеобразный диск / Э.В. Заяц А.И. Филиппов, А.А. Аутко, С.В. Стуканов // Современные технологии сельскохозяйственного производства : сборник научных статей по материалам XXII Международной научно-практической конференции, Гродно, 7 июня, 29 марта, 19 марта 2019 г / УО «ГГАУ». – Гродно, 2019 г. – С. 194–196.

12. Заяц, Э.В. Профилеформователь с уплотняющим катком / Э.В. Заяц А.И. Филиппов, А.А. Аутко, С.В. Стуканов // Современные технологии сельскохозяйственного производства: сборник научных статей по материалам XXII Международной научно-практической конференции, Гродно, 7 июня, 29 марта, 19 марта 2019 г. – Гродно, 2019 г. – С. 192–194.

13. Филиппов, А.И. Агрегат комбинированный для обработки профилированной поверхности почвы / А.И. Филиппов, А.А. Аутко, Э.В. Заяц, С.В. Стуканов // Современные технологии сельскохозяйственного производства: сборник научных статей по материалам XXII Международной научно-практической конференции, Гродно, 7 июня, 29 марта, 19 марта 2019 / УО «ГГАУ» – Гродно, 2019. – С. 255–257.

14. Филиппов, А.И. Многовекторный узел распыла / А.И. Филиппов, А.А. Аутко, Э.В. Заяц, С.В. Стуканов // Современные технологии сельскохозяйственного производства : сборник научных статей по материалам XXII Международной научно-практической конференции, Гродно, 7 июня, 29 марта, 19 марта 2019 г / УО «ГГАУ». – Гродно, 2019. – С. 258–260.

15. Аутко, А.А. Пружинный рыхлитель для уничтожения сорной растительности механическим способом / А.А. Аутко, Э.В. Заяц, А.И. Филиппов, Н.Д. Лепешкин, В.П. Чеботарев // Межведомственный тематический сборник «Механизация и электрификация сельского хозяйства» выпуск 52, РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» – Минск, 2019. – С. 69–73.

16. Филиппов, А.И., Усовершенствование профилеформователя узкопрофильных гряд / А.И. Филиппов, Э.В. Заяц, А.А. Аутко, В.П. Чеботарёв // Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве : сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции, 24–25 октября, – Минск, БГАТУ, 2019. – С. 54–56.

17. Филиппов, А.И., Разработка узла распыла для объёмного внесения рабочих растворов / А.И. Филиппов, Э.В. Заяц, А.А. Аутко, В.П. Чеботарёв // Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции, 24–25 октября, – Минск, БГАТУ, 2019. – С. 56–59.

18. Чеботарёв, В.П., Обоснование конструктивных параметров устройств для формирования профиля гребня / В.П. Чеботарёв, В.Н. Еднач, А.И. Филиппов, А.А. Зенов, // Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве : сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции, – Минск, БГАТУ, 24–25 октября 2019. – С. 71–73.

19. Чеботарёв, В.П. К вопросу формирования узкопрофильных гряд / В.П. Чеботарёв, В.Н. Еднач, Э.В. Заяц, А.И. Филиппов // Журнал «Агропанорама» № 5. – Минск, УО «БГАТУ», 2019. – С. 22–26.

20. Заяц, Э.В. Профилеформователь узкопрофильных гряд / Э.В. Заяц, А.А. Аутко, А.И. Филиппов, С.В. Стуканов, А.В. Зень // Современные технологии сельскохозяйственного производства : сборник научных статей по материалам XXI Международной научно-практической конференции, Гродно, 31 мая, 30 марта, 20 марта 2018 г. / УО «ГГАУ». – Гродно, 2018. – С. 170–172.

21. Филиппов, А.И. Обзор основных конструкций опрыскивателей при разработке объёмного и ленточного внесения рабочих растворов в системе экологического земледелия / А.И. Филиппов, Э.В. Заяц, Н.Д. Лепешкин, В.П. Чеботарев // Межведомственный тематический сборник «Механизация и электрификация сельского хозяйства» выпуск 53, РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» – Минск, 2020. – С. 27–33.

22. Филиппов, А.И. Обоснование технических и конструктивных параметров профилеформователя узкопрофильных гряд / А.И. Филиппов, Э.В. Заяц, Н.Д. Лепешкин, В.П. Чеботарев // Межведомственный тематический сборник «Механизация и электрификация

сельского хозяйства» выпуск 53, РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» – Минск, 2020. – С. 23–27.

23. Филиппов, А.И. Разработка оборудования для объёмного внесения рабочих растворов / А.И. Филиппов, Э.В. Заяц, А.А. Аутко, Н.Д. Лепешкин, В.П. Чеботарев // Межведомственный тематический сборник «Механизация и электрификация сельского хозяйства» выпуск 53, РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» – Минск, 2020. – С. 153–157.

В.В. Поддубицкий¹, В.Н. Дашков², В.П. Чеботарев³¹ГП «ИЭ НАН Беларуси»,²ГП «ИЭ НАН Беларуси»,³БГАТУ

К ВОПРОСУ ВЫБОРА МЕСТНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА ДЛЯ ВОЗДУХОНАГРЕВАТЕЛЕЙ ЗЕРНОСУШИЛОК

В статье представлены результаты теоретических исследований применения, а также практического использования местных видов топлива в воздухонагревателях зерносушилок.

Ключевые слова: воздухонагреватель, топочное пространство, колосниковая решетка, местные виды топлива, горение.

V.V. Poddubitsky¹, V.N. Dashkov², V.P. Chebotarev³¹GP "IE NAS of Belarus",²GP "IE NAS of Belarus",³BGATU

TO THE QUESTION OF SELECTING LOCAL FUELS FOR AIR HEATERS FOR GRAIN DRYERS

The article presents the results of theoretical studies of the application and practical use of local fuels in air heaters of grain dryers.

Keywords: air heater, furnace space, grate, local fuels, combustion

Введение

Повышение эффективности послеуборочной обработки зерна при высоких урожаях зерновых и зернобобовых связано с комплексным решением вопросов разработки и внедрения новых технологий сушки зерна и соответствующих технических средств для реализации, обеспечивающих качественное и своевременное выполнение каждой технологической операции.

На сегодняшний день в сельскохозяйственном производстве применяются воздухонагреватели на твердом топливе, принципом работы которых является слоевое горения топлива. Несмотря на простоту конструкции и надежную работу, эти воздухонагреватели имеют недостатки:

- низкая тепловая мощность;
- высокая материалоемкость;
- невозможность стабильно удерживать номинальную мощность из-за цикличности загрузок топлива;
- значительные колебания температуры, низкий КПД и ручная загрузка топлива.

Решением большинства этих проблем является разработка эффективной системы подачи и распределения топлива по всему топочному пространству. Однако разработка и создание распределителей топлива, обеспечивающих равномерное распределение топлива по топочному пространству, неразрывно связана с обоснованием выбора топлива для таких устройств.

Основная часть

В зерноочистительно-сушильных комплексах республики широкое распространение получили универсальные воздухонагреватели ВУ-Т-1,5 производства ООО «Амкодор – Мож», работающие на дровах и ВНС-1,5 разработки ОАО «Агрокомплект», работающий на рулонной соломе (Рис. 1).



а)



б)

Рис. 1 Воздухонагреватели для зерносушилок на МВТ с неподвижной колосниковой решеткой

а) ВУ-Т-1,5(ООО «Амкодор-Можга»); б) ВНС-1,5(ОАО «Агрокомплект»)

Эти воздухонагреватели имеют простую и надежную конструкцию, основанную на применении неподвижной колосниковой решетки. Однако применяемое в них топливо, несмотря на свою доступность и дешевизну, обладает существенным недостатком – габаритами.

На сегодняшний день не существует способов автоматической загрузки дров или рулонов соломы в топку. Для обеспечения непрерывной работы воздухонагревателя приходится содержать дополнительный рабочий персонал, который загружает от 300 до 600 кг/ч дрова в топку ВУ-Т-1,5. Или, как в случае с ВНС-1,5, 1–2 раза в час привлекать погрузчики для загрузки 2 рулонов соломы.

Поэтому, как европейские (Heizomat (ФРГ), Ökotherm (ФРГ)) и североамериканские (Hurst (США)), так и отечественные (ООО «Амкодор-Можга») производители воздухонагревателей и котлов переходят на выпуск топков с подвижной колосниковой решеткой или конвейерного типа. Такая теплогенерирующая техника применяет мелкофракционное топливо, оснащена автоматической системой подачи и системой распределения топлива, что позволяет эффективно сжигать, учитывая, что одним из важнейших факторов, в процессе горения твердых видов топлива, является количество подаваемого в топочное пространство воздуха.

Для наиболее эффективного сжигания любого вида топлива необходимо поддерживать воздушный баланс внутри топочного пространства в течение всего процесса горения. Так, при недостаточном количестве подаваемого воздуха, будет происходить значительное дымообразование, и вместе с дымом, в атмосферу, будут выбрасываться несгоревшие пиролизные газы, то есть происходить химический недожог топлива.

При превышении допустимых значений количества воздуха, будет происходить вынос несгоревших мелкофракционных частиц в дымовую трубу. Этот процесс называется механическим недожогом. Для предотвращения химического и механического недожогов и достаточно точного определения необходимого количества воздуха вводится коэффициент избытка воздуха α_T , который выбирается в зависимости от вида топлива, способа сжигания и конструкции топки. Так, оптимальное значение коэффициента избытка воздуха для твердого топлива, при слоевом его сжигании, равно 1,3–1,4. Количество необходимого воздуха для стабильного горения топлива, определяется по формуле [1]:

$$L_T = \alpha_T \cdot L_0, \quad (1)$$

где L_0 - теоретическое количество воздуха, требуемого для сгорания 1 кг топлива и зависящее от низшей теплотворной способности топлива, кг/кг.

Из расчетных данных, представленных в таблице 1, следует, что для сжигания 1 кг сухой древесины, необходимо затратить в среднем 7,3 кг воздуха, а для соломы этот показатель будет равен 7,9 кг.

Т а б л и ц а 1. – Расчетные значения необходимого количества воздуха для слоевой топки

Параметр	Вид топлива	
	Солома	Древесная щепа
L_0 , кг/кг топлива	5,8	5,4
L_{Tmax} , кг/кг топлива	8,1	7,6
L_{Tmin} , кг/кг топлива	7,6	7

Основанным показателем процесса горения, на которое влияет количество подаваемого воздуха, является изменение физико-механических свойств топлива. В результате испарения влаги и отделения газовой составляющей топлива происходит уменьшение габаритов топливной частицы и ее массы. Скорость изменения массы топливной частицы (скорость выгорания), с учетом количества подаваемой массы воздуха, можно определить из уравнения:

$$\frac{dm_q}{dt} = -4\pi \left(\sqrt[3]{\frac{3m_q}{4\pi\rho_q}} \right)^2 \cdot k' M c_0 \cdot \left(1 - \frac{1}{\alpha_T} + \frac{\sqrt[3]{\frac{3m_q}{4\pi\rho_q}}}{r_{q0}\varepsilon} - \frac{\sqrt[3]{\frac{3m_q}{4\pi\rho_q}}}{r_{q0}\varepsilon\alpha_T} + \frac{\left(\sqrt[3]{\frac{3m_q}{4\pi\rho_q}} \right)^3}{r_{q0}^3\alpha_T} + \frac{\left(\sqrt[3]{\frac{3m_q}{4\pi\rho_q}} \right)^4}{r_{q0}^4\varepsilon\alpha_T} \right), \quad (2)$$

где m_q – масса топливной частицы, кг;
 ρ_q – плотность топливной частицы (удельная масса), кг/м³;
 k' – суммарная константа скорости реакции процесса, м/с;
 M – стехиометрический коэффициент реакции;
 c_0 – начальная весовая концентрация газа, кг/м³;
 α_T – коэффициент избытка воздуха, кг/кг(м³/м³);
 r_{q0} – начальный радиус топливной частицы, м;
 ε – отношение внешней реакционной поверхности к внутренней.

Анализ формулы (2) показывает, что важнейшей величиной, влияющей на скорость выгорания, является начальный радиус топливной частицы. Так как $\sqrt[3]{\frac{3m_q}{4\pi\rho_q}} = r_q$ – радиус горящей топливной частицы, то, чем меньше начальный радиус топливной частицы, тем быстрее и полнее она выгорит. Это предположение можно подтвердить уравнением конечного радиуса выгоревшей топливной частицы [2]:

$$r_{чк} = r_{q0} \sqrt[3]{\frac{A^c}{100}}, \quad (3)$$

где A^c – зольность сухой массы топлива, %.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что наилучшим видом твердого топлива является мелкофракционное, вплоть до пылевидного. Однако, несмотря на достаточно высокую температуру (1800–2200 °С) в топочном пространстве, которую можно достичь, сжигая пылевидное топливо, для его применения необходимы специальные виды топок: вихревые, циклонные или применение специальных пылевых форсунок. Это делает применение такого топлива в условиях сельскохозяйственных производств нерентабельным.

Использование в качестве топлива топливных гранул (пеллет) и брикетов также является нецелесообразным для сельского хозяйства из-за высокой их стоимости.

Поэтому наилучшим топливом для твердотопливных воздухонагревателей является древесная щепа и измельченная солома. Эти виды топлива доступны и дешевы, а относительно малый размер топливных частиц позволяет эффективно и быстро их сжигать. Так для сжигания одной частицы крупной щепы [3], необходимо примерно 77 с.

Применение местных видов топлива в условиях мирового энергетического и финансового кризисов – наилучший способ экономии денежных средств для сельскохозяйственных производителей. Так среднестатистическое предприятие тратит от 4,5 до 6 % стоимости собранного урожая зерновых и зернобобовых культур на приобретение и использование в воздухонагревателях традиционных углеводородных видов топлива. Применение местных видов

топлива позволит сократить затраты на топливо в 3–5 раз. В тоже время, широко используемые воздухонагреватели с неподвижной колосниковой решеткой, работающие на дровах и рулонах соломы не являются оптимальным решением для замены традиционных воздухонагревателей на природном газе и дизельном топливе. Это является следствием необходимости содержать увеличенный обслуживающий персонал и низким качеством топлива, вызванного хранением его под открытым небом.

Несмотря на относительно высокую стоимость, такие воздухонагреватели окупаются достаточно быстро. Так разработанный Государственным предприятием «ИЭ НАН Беларуси» совместно с ООО «Амкодор-Можя» агрегат топочный АТ-2, при стоимости порядка 190 тыс. руб. имеет срок окупаемости всего 1,2 года [4].

Заключение

Таким образом, наилучшими видами топлива для сельскохозяйственного производства, в частности зерносушилок, являются древесная щепа и измельченная солома зерновых и масличных культур. Такие виды топлива позволяют создать воздухонагреватели с автоматической системой подачи и распределения топлива, что дает возможность контролировать стабильную работу агрегата. Автоматическая система подачи также позволяет сократить обслуживающий персонал зерноочистительно-сушильного комплекса до одного оператора и не привлекать для загрузки дополнительную технику.

Список использованных источников

1. Красниченко, А.В. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин. В 2-х томах. Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы/ А.В. Красниченко. – Москва, 1961. – 862 с.
2. Конторович, Б.В. Основы теории горения и газификации твердого топлива / Б.В. Конторович. – М. : Издательство академии наук СССР, 1958. – 601 с.
3. Биотопливо твердое. Технические характеристики и классы топлива. Часть 1. Общие требования: ГОСТ 33103.1 – 2017 (ISO 17225-1:2014). – Введ. 30.01.2017. – М. : Стандартинформ, 2017. – 57 с.
4. Дашков, В.Н. Экономические аспекты применения твердотопливных воздухонагревателей и местных видов топлива для сушки зерна / В.Н. Дашков, В.П. Чеботарев, Н.Е. Шевчик, В.В. Поддубицкий, В. Романюк // Проблемы интенсификации животноводства с учетом охраны окружающей среды и производства альтернативных источников энергии, в том числе биогаза: монография / Институт технологических и естественных наук в Фалентах, отделение в Варшаве. – Варшава, 2018. – С. 38–40.

И.И. Гируцкий, Ю.А. Ракевич
*Белорусский государственный агротехнический университет
Минск, пр. Независимости 99*

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕРМОГРАФИЧЕСКОГО МЕТОДА ДИАГНОСТИКИ МАСТИТА ДОЙНЫХ КОРОВ В КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ СТАДОМ

Модельный прогноз удоя при разной кратности доения. Широкое внедрение автоматических систем доения снижает стоимость процесса доения и прежде всего за счет сокращения ручного труда. Естественно возникает вопрос о необходимости разработать новый подход к организации труда в производстве молока.

Ключевые слова: термографический метод, диагностика мастита, дойные коровы, компьютеризированная система, управление стадом.

I.I. Girutsky, Y.A. Rakevich
*Belarusian State Agrotechnical University
Minsk, Nezavisimosti ave 99*

SUBSTANTIATION OF APPLICATION OF THERMAGRAPHIC METHOD FOR DIAGNOSING MASTITIS OF MILK COWS IN A COMPUTERIZED HERD MANAGEMENT SYSTEM

Model prediction of milk yield at different multiplicity of milking. The widespread introduction of automatic milking systems, reduces the cost of the milking process, primarily by reducing the manual labor. Naturally the question arises whether, normal for this time half board optimal milking, or is it necessary to develop a new approach to the organization of labor in milk production.

Keywords: thermographic method, diagnosis of mastitis, dairy cows, computerized system, herd management.

Введение

В информационном обеспечении молочного скотоводства актуальной задачей является определение мастита в реальном масштабе времени [1,2]. Поэтому из многочисленных методов диагностики мастита у дойных коров особую значимость приобретают методы диагностики мастита легко интегрируемые в систему управления стадом (СУС) крупнорогатого скота (рис.1)



Рис. 1. Классификация методов диагностики мастита

Особый интерес и актуальность среди автоматизированных методов диагностики мастита у коров представляет термографический (см. рис.1), в силу своей бесконтактности и многофункциональности [3–8].

Цель настоящей работы – провести экспериментально сравнительную лабораторную и термографическую диагностику (*IRT*) для определения мастита коров с помощью тепловизора марки *DT – 9875* на основе оперативного анализа инфракрасных изображений вымени.

Экспериментальное исследование проводилось на молочно-товарной ферме Дружба-Агро, Слонимского района, Гродненской области. Исследования проводились в два этапа. Было обследовано 580 коров дойного стада. Для определения мастита в хозяйстве используют кенотест фирмы *Inter Clean* (контроль). На первом этапе животные подвергались комплексному клиническому обследованию, а далее по кенотесту были определены 4 группы по 30 коров с разными уровнями заболевания.

В первой группе были здоровые животные с отрицательной пробой по кенотесту (-). Вторая группа – коровы с сомнительной пробой по кенотесту (+). Третья группа включала животных с субклинической стадией мастита (++). Четвертая – с клинической выраженной стадией мастита (+++).

На втором этапе проводились измерения температуры вымени с помощью ручного тепловизора марки – *DT 9875* (табл. 1).

Т а б л и ц а 1. – Выборка экспериментальных данных на примере 40 голов дойного стада полученная максимальная температура вымени в процессе доения в зависимости от оценки кенотеста

№ выбо рки	Отрицательная проба с кенотестом (-)	Сомнительная проба с кенотестом (+)	Субклиническая стадия мастита (++)	Клиническая выраженная стадия мастита (+++)
1	35,3	37,8	38,6	40,5
2	36,4	37,4	38,5	39,2
3	37,2	36,2	37,8	39,1
4	35,8	37,6	38,7	39,6
5	37	37,1	38,2	39,8
6	36,2	37,9	38,1	39,7
7	35,2	36,5	38,8	40,1
8	36,2	37,1	37,5	40
9	35,8	37	38,6	39
10	36,6	37,4	38	39,6

Ранее была определена методика проведения экспериментального исследования инфракрасного изображения вымени коров [9].

После проведения опытов важнейшим является обработка результатов экспериментальных исследований методом математической статистики [10]:

- оценка параметров генеральной совокупности по выборке;
- проверка выборки случайных величин на промахи;
- проверка соответствия случайных величин выборки нормальному закону распределения;
- проверка дисперсий на однородность по критерию Кохрена.

Генеральная совокупность, подчиняющаяся нормальному закону распределения, характеризуется следующими параметрами:

μ – генеральное среднее; σ^2 – генеральная дисперсия; σ – генеральное стандартное отклонение. Выборка объёмом n , состоящая из n случайных величин: $Y_1, \dots, Y_n$ ($i = 1, \dots, n$), характеризуется выборочными параметрами:

Выборочное среднее $\bar{Y}$:

$$\bar{Y} = \frac{Y_1 + \dots + Y_i + \dots + Y_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n} . \quad (1)$$

Выборочная дисперсия S^2 :

$$S^2 = \frac{(Y_1 - \bar{Y})^2 + \dots + (Y_i - \bar{Y})^2 + \dots + (Y_n - \bar{Y})^2}{n-1} = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}{n-1} . \quad (2)$$

Выборочное стандартное отклонение S :

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}{n-1}} . \quad (3)$$

Число степеней свободы выборочной дисперсии и выборочного стандартного отклонения f_s :

$$f_s = n - 1 . \quad (4)$$

Для того чтобы использовать выборочные параметры для оценки параметров генеральной совокупности, необходимо убедиться в том, что в выборке нет промаха (грубой ошибки), а случайные значения выборки подчиняются нормальному закону распределения.

Анализ случайных значений выборки $Y_1, \dots, Y_n$ на промах по критерию Смирнова – Граббса.

Экспериментальное значение критерия Смирнова – Граббса:

$$\tau_s = \frac{\max |Y_i - \bar{Y}|}{S} . \quad (5)$$

Анализ случайных значений выборки $Y_1, \dots, Y_n$ на принадлежность их к нормальному закону распределения по критерию среднего абсолютного отклонения (САО).

Экспериментальное значение критерия CAO :

$$\theta_3 = \left| \frac{CAO}{S} - 0.7979 \right| = \left| \frac{\sum_{i=1}^n |Y_i - \bar{Y}|}{nS} - 0.7979 \right|. \quad (6)$$

Табличное значение критерия CAO :

$$\theta_n = \frac{0.4}{\sqrt{n}}. \quad (7)$$

Критерий принадлежности случайных значений выборки $Y_1, \dots, Y_n$ к нормальному закону распределения: если $\theta_3 < \theta_n$, то случайные значения выборки $Y_1, \dots, Y_n$ принадлежат к нормальному закону распределения; если $\theta_3 > \theta_n$, то не принадлежат. В случае, когда все выборки имеют одинаковый объем n , проверка дисперсий на однородность производится по критерию Кохрена.

Экспериментальное значение критерия Кохрена G_3 :

$$G_3 = \frac{\max_j S_j^2}{\sum_{j=1}^N S_j^2}. \quad (8)$$

В результате обработки экспериментальных данных методом математической статистики были получены следующие данные, представлены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2. – Обработанные экспериментальные данные методом математической статистики, полученные при доверительной вероятности $p = 0,95\%$

Показатели	Отрицательная проба (-)	Сомнительная проба (+)	Субклиническая стадия (++)	Клиническая стадия (+++)
n	30	30	30	30
$\bar{Y}$	36,2	37,3	38,5	39,6
S^2	0,650	0,217	0,198	0,209
S	0,806	0,466	0,445	0,457
f_s	29	29	29	29
τ_3	2,005	2,556	2,533	1,895
θ_3	0,0081	0,0462	0,011	0,009
θ_n	0,073	0,073	0,073	0,073
G_3	0,076	0,076	0,076	0,076
G_m	0,159	0,159	0,159	0,159

После анализа данных было установлено, что плотность вероятности распределения температур у всех групп животных описывается нормальным законом и получена связь между калифорнийским тестом на мастит (CMT) и средней максимальной температурой вымени коров определяемой инфракрасной термографией (IRT) (рис. 2).

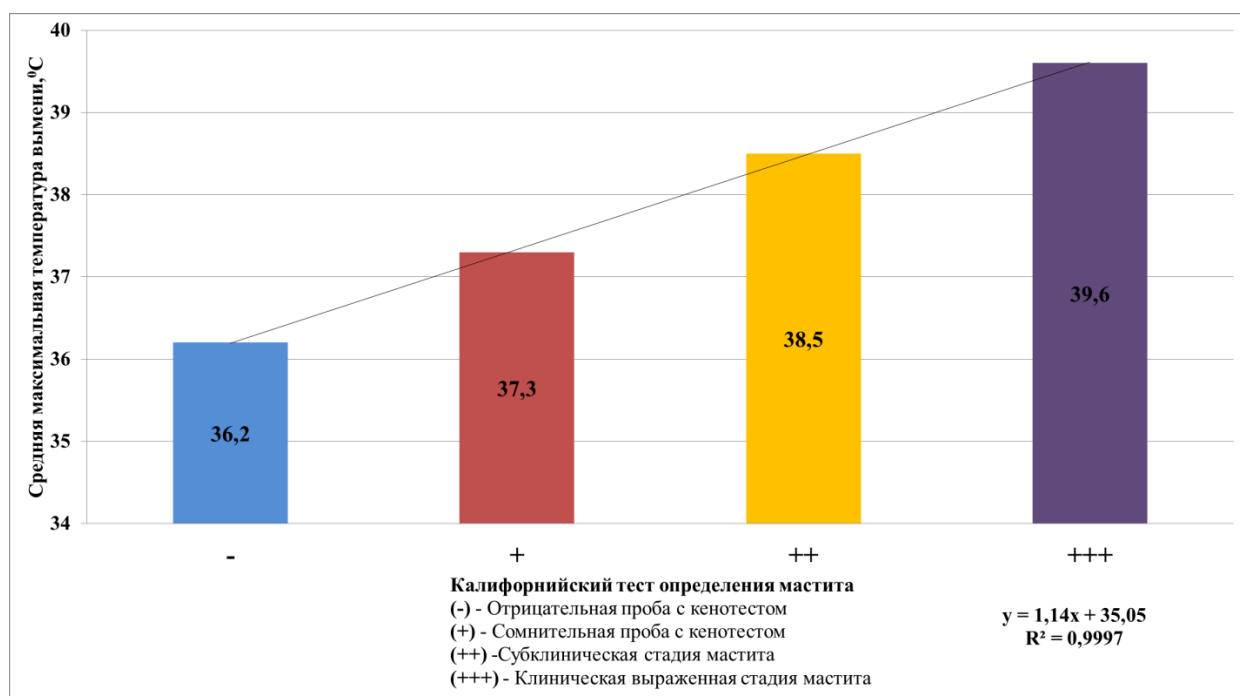


Рис. 2. Связь между калифорнийским тестом на мастит и средней максимальной температурой вымени коров определяемой инфракрасной термографией

Линейное уравнение регрессии: $y = 1,14x + 35,05$; где y – средняя максимальная температура вымени коров; x – оценка состояния здоровья по кенотесту ($x=1,2,3,4$); При этом точность аппроксимации достаточна, высока – $R^2 = 0,9997$.

Заключение

1. Среди классифицированных методов диагностики мастита, преимущества термографии заключаются в бесконтактности, низких затратах труда и времени, возможности интеграции с автоматизированной системой управления стадом.
2. Проведены экспериментальные измерения температуры вымени термографическим методом у 4-х групп животных, распределенных по степени заболевания маститом в соответствии с кенотестом. Плотность вероятности распределения температур у всех групп животных описывается нормальным законом. Средняя максимальная температура вымени в процессе доения составила у здоровых коров – 36,2 °C, при субклинической стадий мастита – 38,5 °C, а для клинической выраженной стадий мастита – 39,6 °C.

Список использованной литературы

1. Гируцкий, И.И. Перспективы развития средств механизации и автоматизации доильного оборудования/ И.И. Гируцкий, А.Г. Сеньков// Инновационные ресурсосберегающие технологии для производства биобезопасных комбикормов и конкурентоспособного молока : материалы академических чтений, посвященных 60-летию научной деятельности и 85-летию со дня рождения доктора технических наук, профессора Владимира Ивановича Передни, РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», – Минск, 2018. – С. 91–96.
2. Гируцкий, И.И. Компьютеризированные системы управления в сельском хозяйстве / И.И. Гируцкий, В.И. Передня, Ю.А. Ракевич // УО БГАТУ, 2014. – 212 с.
3. Klimienė, I., Ružauskas, M., Špakauskas, V., Mockeliūnas, R., Pereckienė, A., Butrimaitė-Ambrozevičienė, Č. Prevalence of gram positive bacteria in cow mastitis and their susceptibility to beta-Lactam antibiotics. Veterinarija ir Zootechnika – Veterinary Medicine and Zootechnics, Vol. 56, Issue 78, – 2011. – P. 65–72.
4. Zecconi, A., Hahn, G. Staphylococcus aureus in raw milk and human health risk. Bulletin of the International Dairy Federation, Vol. 345, – 2000. – P. 15–18.
5. Sathiyabarathi, M., Jeyakumar, S., Manimaran, A., Jayaprakash, G. Infrared thermography: A potential noninvasive tool to monitor udder health status in dairy cows, Vol.9, – 2016, – P. 1075–1080.

6. Viguier, C., Arora, S., Gilmartin, N., Welbeck, K., O'kenedy, R. Mastitis detection: current trends and future perspectives. Trends in Biotechnology, Vol. 27, Issue 8, – 2009. – P. 486–493.
7. Pyorala, S. Indicators of inflammation in the diagnosis of mastitis. Veterinary Research, Vol. 34, – 2000. – P. 565–578.
8. Schalm O. W., Noorlander D. O. Experiments and observations leading to development of the California mastitis test. Journal of the American Veterinary Medical Association, Vol. 130, – 1957. – P. 199–204.
9. Гируцкий, И.И. Анализ инфракрасного изображения вымени коров / И.И. Гируцкий, В. И. Передня, Ю.А. Ракевич // Агропанорама, – 2018. – №6 (130). – С. 9–12.
10. Основы научных исследований и моделирования : учебно-методический комплекс / А.И. Леонов, М.М. Дечко, В.Б. Ловкис. – Минск : БГАТУ, 2010. – С. 11–59.

**В.И. Ветохин¹, Ю.И. Овсиенко¹, В.В. Голдыбан², И.А. Барановский²,
В.В. Амосов³**

¹Полтавская государственная аграрная академия
г. Полтава, Украина
e-mail: veto.vladim@gmail.com

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

e-mail: goldyban@mail.ru

³Центральноукраинский национальный технический университет
г. Кропивницкий, Украина
e-mail: v_vas_a@ukr.net

ОБЗОР МЕТОДОВ ОРИЕНТАЦИИ КУЛЬТИВАТОРОВ ПРИ МЕЖДУРЯДНОЙ ОБРАБОТКЕ ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР

Методы управления ориентацией пропашного орудия прошли развитие от визуального контроля с ручным управлением положением, к бесконтактному отслеживанию рядка и управлением с помощью электрогидравлического привода. При значительной засоренности посевов, проблема реализации оптического сигнала слежения может быть решена сочетанием средств контактного отслеживания рядка по направляющим в почве и оптико-электронных устройств.

Ключевые слова: механическая борьба с сорняками, пропашной агрегат, ориентация относительно рядков, системы управления положением.

**V.I. Vetokhin¹, J.I. Ovsienko¹, V.V. Goldyban², I.A. Baranovsky²,
V.V. Amosov³**

¹Poltava State Agrarian Academy
Poltava, Ukraine

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

³Central Ukrainian National Technical University
Kropyvnytskyi, Ukraine

REVIEW OF METHODS OF CULTIVATOR ORIENTATION AT INTER-ROW CULTIVATION OF ROW CROPS

Row orientation control techniques have evolved from visual control with manual position control to contactless row tracking and electro-hydraulic drive control. The problem of implementing an optical tracking signal, with a significant weediness of crops, can be solved by a combination of means of contact tracking of a row along guides in the soil and optoelectronic devices.

Keywords: mechanical weed control, row cultivation, orientation relative to rows, position control systems.

Введение

Засоренность культурных посевов сорняками приводит к значительным потерям урожая при выращивании пропашных культур, особенно в органическом производстве, где культурные растения всегда характеризуется низкой конкурентоспособностью относительно диких растений [1, 2]. Физическая борьба с сорняками является распространенной и использует механические средства, применяемые для обработки почвы [3]. Уход за посевами пропашных культур включает многократное механическое разрыхление почвы и внесение химических средств. На эксплуатационные расходы и урожайность существенно влияет размер защитной зоны, на которую сельскохозяйственные орудия могут приближаться к рядам растений, не причиняя ущерба. Поэтому изучение и совершенствование методов и технических средств для ориентации (вождения) пропашного агрегата вдоль рядков, при выращивании пропашных культур, – актуальная и важная задача.

Обзор развития технических средств для ориентации пропашных орудий вдоль рядков выполнен ранее [4]. Однако недостаточный акцент был сделан на методах управления орудиями.

Основная часть

В соответствии с положениями современной теории управления процессами в системе выделяются следующие компоненты: объект управления, датчик сигнала управления (измерительное устройство), устройство логической обработки сигнала, усилитель-преобразователь, привод, исполнительное устройство [5, 6]. Дальнейшее рассмотрение технических средств будем осуществлять с выделением указанных компонентов систем.

Описание конструкций и рекомендаций по использованию первых культиваторов и пропашных орудий содержатся в работах К.И. Дебу [7]. Так, управление положением относительно рядка растений «Полольника Эльворти» (рис. 1, а) осуществлялось вручную, физической силой рабочего с помощью двух рукояток, а «полольника завода в Эрцгебирге» (рис. 1, б) – с помощью двухколесного передка.

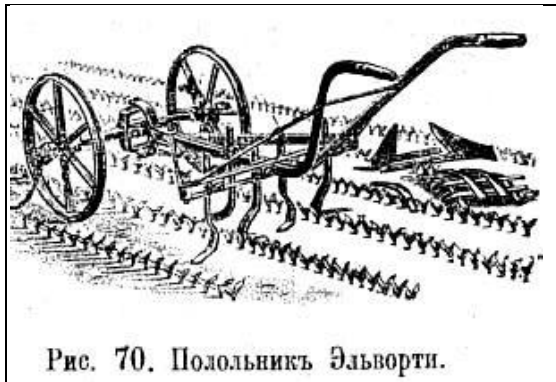


Рис. 70. Полольник Эльворти.

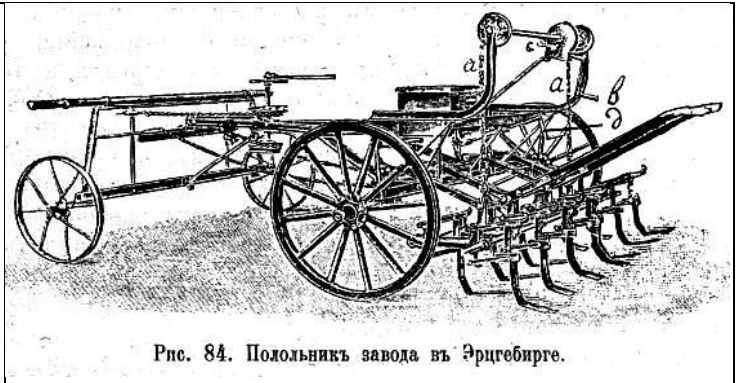


Рис. 84. Полольник завода в Эрцгебирге.

Рис. 1 – Вид пропашных орудий в конце 19-го века (а) и начале 20-го века (б) [7]

Функции датчика сигнала управления (измерительного устройства), устройства логической обработки сигнала, усилителя-преобразователя и привода, выполняли соответствующие органы человека. Визуальное отслеживание движения рабочих органов относительно рядков и управлением орудием с помощью физической силы рабочего накладывало ограничения на скорость движения вдоль поля и на размер защитной зоны рядка.

Поиск путей решения проблемы по увеличению рабочей скорости привел к решению разместить рабочего-оператора максимально приближенно к рабочей зоны культиватора и облегчить физическую нагрузку за счет различных механических усилителей [8, 9]. Так, например, согласно американскому патенту Tractor attachment (1922) [8], рабочий находился на дополнительном сиденье трактора – непосредственно над культиватором. Рабочий руководит колесами трактора с помощью штурвала или культиватором с помощью длинного рычага.

Описанные решения недостаточно учитывали физиологические особенности человека-оператора, например, в отношении времени, необходимого для принятия решения и времени на управление положением рабочих органов.

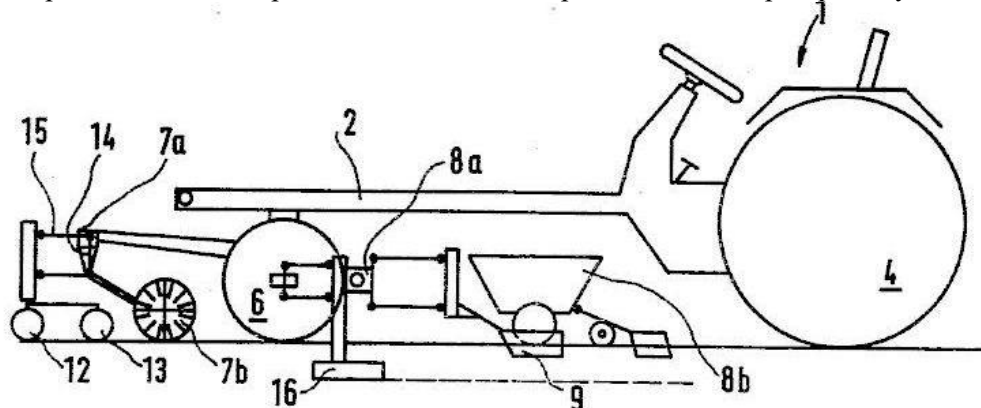
Начало серийного производства тракторов с передней навесной системой (в 1960-х годах) придало ускорение дальнейшему развитию механических способов ориентации культиваторов [10]. Однако такая компоновка еще больше усложнила условия визуального наблюдения за относительным положением рабочих органов и рядков растений, что привело к весьма ограниченному применению. Неустойчивость динамической системы машинно-тракторного агрегата, обусловленная такой компоновкой, значительно уменьшала время на осуществление управленческого воздействия.

Использование культиваторов с индивидуальным рулевым управлением и дополнительным рабочим местом впоследствии не нашло существенного распространения по причине значительной усталости рабочего-оператора и, как следствие, ограничение рабочей скорости и производительности.

Поиск средств ориентации, основанных на различных физических принципах, активно проходил в 1970-1980 годы: вождение вдоль токонесущих проводов, использование фотооптических устройств, управления по лучу лазера и так далее [11].

Использование направляющих щелей в почве, нарезаемых при посеве, для стабилизации движения культиватора предложено в середине 1960-х годов рядом европейских и американских

Например, по французскому патенту FR2423961 (1979) была предложена система автоматического вождения для сельскохозяйственного трактора (рис. 2) [13]. Система имеет датчик, который следит за направляющим каналом, произведенным при предыдущем проходе.



Культиватор оснащается теми же ножами, которые устанавливались на сеялку для образования щелей. Ножи выполнены в форме плоского лезвия с вертикальной заостренной кромкой [12, 13]. Однако такая форма не обеспечивала образование щели в почве, которая была бы достаточно стойкой для ориентации агрегата.

Несущую способность и устойчивость щелей в почве, достаточную для ориентации культиватора при многократных проходах агрегата, удалось обеспечить благодаря особой форме ножа-шелереза (рис. 3) [14, 15, 16]. Достигнутые показатели были подтверждены экспериментальными исследованиями и производственной эксплуатацией серийных орудий [14].

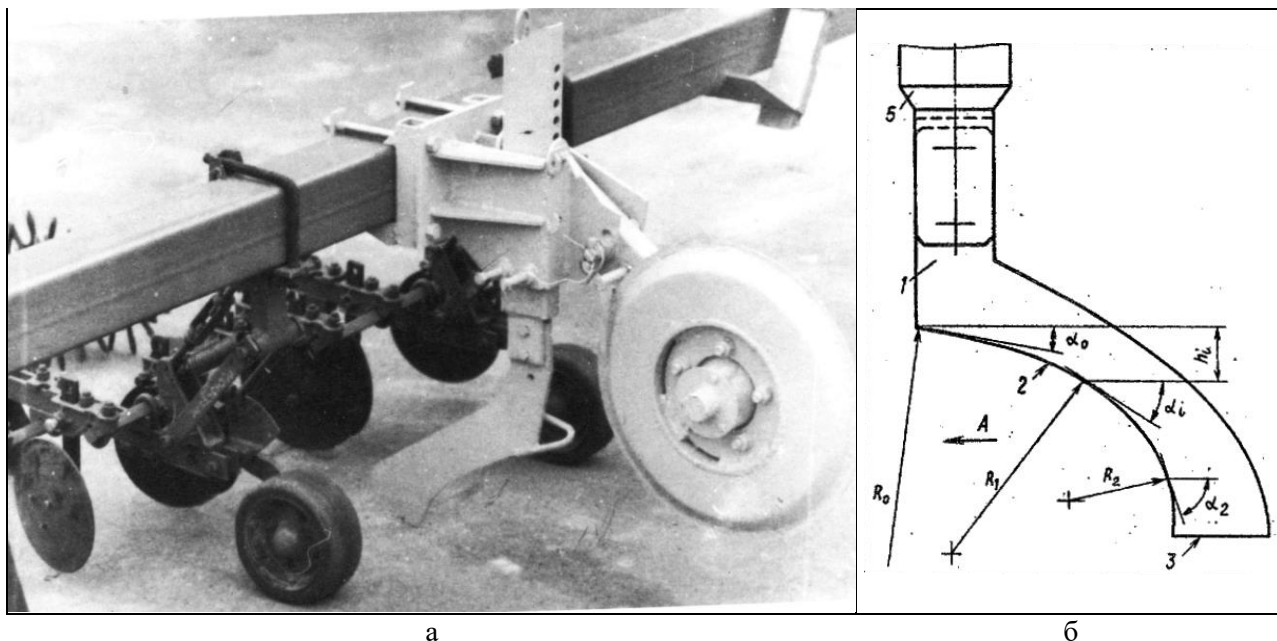


Рис. 3 – Вид ориентатора пропашных машин, разработки НПО «Сахарная свекла»:
а - конструктивное исполнение для культиватора «Плай»; б - форма ножа для образования щелей в почве [15]

В описанных выше устройствах функции датчика сигнала управления (измерительного устройства), устройства логической обработки сигнала, усилителя-преобразователя и привода,

выполняли колесо или щелерез, которые двигались по борозде щели. Таким образом реализуется схема так называемого регулятора прямого действия.

Дальнейший поиск путей уменьшения затрат ручного труда и нагрузки на оператора происходил с заимствованием достижений смежных областей техники. Так, например, транспортное средство оснащалось передатчиками и приемником излучения, в частности акустическими или радиолокационными, для бесконтактного обнаружения отражателей и определения поперечного расстояния, влияющими на систему рулевого управления, тем самым обеспечивая автоматическое поперечное наведения транспортного средства US4069888A (1975) [17].

С использованием этих принципов предложена система позиционирования для сельскохозяйственных устройств (рис. 4) [18]. Система содержит приемник сигнала-эха для измерения расстояния от линии объектов, например, рядков культур. Система сравнивает измеренные расстояния и размещает движущийся объект таким образом, чтобы выровнять два измеряемых расстояния.

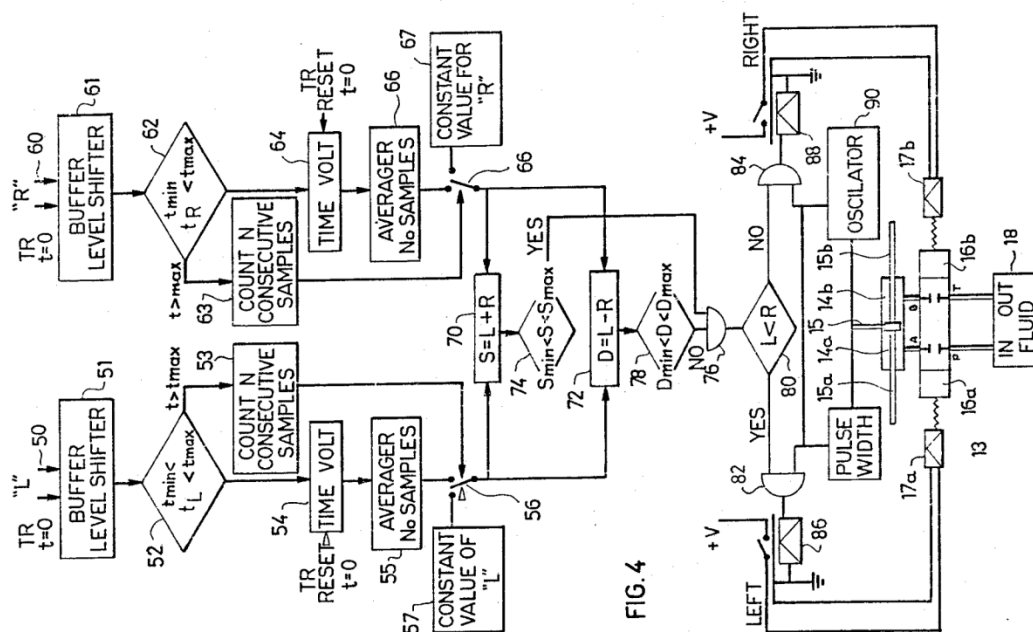
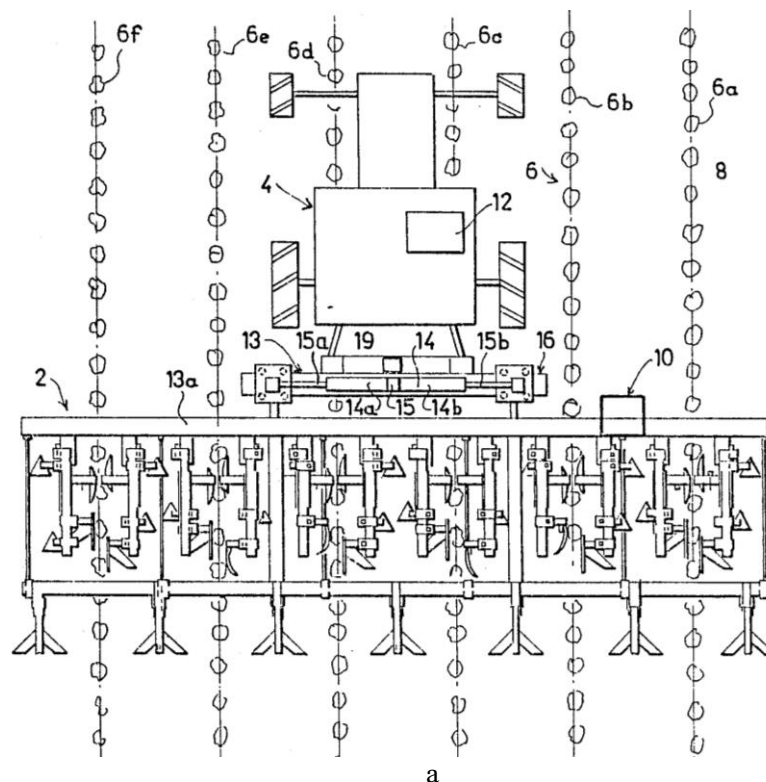
Система позиционирования (рис. 4) содержит блок 10 измерения расстояния, передает сигналы, которые используются для определения расстояний до двух рядов посевов 6a, 6b, в блок 12 управления, установленный на тракторе, где сигналы обрабатываются для определения относительного положения сельскохозяйственных орудий 2 по опорному пути, определенного этими двумя рядами культур. Согласно этому определению, команды направляются на устройство 13 позиционирования для того, чтобы поддерживать устройство точно в центре между двумя рядами посевов 6a, 6b и между всеми рядками 6a-6f.

Техническая реализация такого метода довольно сложна, что и свидетельствует блок-схема управления в системе позиционирования (рис. 4, б).

Описанные в патенте US4835691 (1987) метод и устройство, содержат все принципиальные составляющие современных серийных орудий.

Однако использование акустических и радиолокационных устройств для определения положения рядков культурных растений, столкнулось с существенными трудностями. Использование оптического сигнала для получения информации о положении растений в рядке, как это было в начале развития механизации в конце девятнадцатого столетия, оказалось более надежным. Операции распознавания образа, логической обработки информации, принятия и исполнения решения по управлению, на сегодняшний день, стал выполнять комплекс компьютеров и электрогидравлических механизмов, например, способ и устройство по патенту US5442552 Robotic Cultivator [19].

Культиватор содержит видеокамеру для сбора визуальной информации о расположении растений в ряду. Затем кадр-захват используется для создания оцифрованного изображения визуальной информации. Компьютер обрабатывает информацию для определения центральной линии ряда растений и высчитывает отклонение положения орудия. Наконец, устройство позиционирования перемещает инструменты культиватора на основе анализа текущего положения инструментов орудия относительно центральной линии рядка.



6

Рис. 4 – Схема системы позиционирования сельскохозяйственных орудий по патенту US4835691 (1987) [18]

*а - вид в плане, иллюстрирующий систему позиционирования;
б - блок-схема реализации управления в системе позиционирования*

Таким образом, развитие систем распознавания образов, математического и аппаратного обеспечения, позволил серийно внедрить технические средства бесконтактного отслеживания рядков растений и управления положением исполнительных органов культиваторов.

Фирма Einbock GmbH & Co использует на пропашных культиваторах систему управления с помощью видеокамеры (рис. 5) [20]. Основные настройки осуществляются из кабины трактора с помощью блока управления с сенсорным экраном и интегрированным видеомонитором.



Рис. 5 – Основные элементы Camera steering system ROW-GUARD фирмы Einbock GmbH & Co [20]
а - видеокамера с двумя объективами высокой четкости с разной экспозицией для улучшения работы при изменении условий света; б - система смещения культиватора относительно строки растений

Аналогичную систему использует ряд производителей, в том числе фирма BEDNAR FMT в культиваторе ROW.MASTER RN [21].

Одна из проблем применения подобных систем связана с тем, что определения центральной линии ряда растений и, соответственно, управление положением орудия проблематично при значительной засоренности посевов.

В последнее время, с ростом спроса на продукцию без использования химических средств, и так называемых «низко-технологических» технических средств, используются культиваторы с компоновкой, которая приведена на рис. 6 [22]. Стабилизация по глубине обработки и управление положением относительно рядков осуществляется с помощью управляемых колес (рис. 6), подобно схеме, применявшейся в начале прошлого века (см. рис.1, б).



Рис. 6 – Вид культиватора, что использовался в исследовании «Innovative operative machines for physical weed control on organic cauliflower in Central Italy» [22]

Заключение

Методы ориентации пропашных орудий относительно рядка культурных растений прошли развитие от визуального контроля и ручного управления положением культиватора непосредственно физической силой; визуального контроля и управления с помощью различных усилителей; контактного отслеживания положения рядка по направляющим в почве – к

бесконтактному оптическому отслеживанию ряда с автоматическим управлением посредством электрогидравлического привода.

Имеет место воспроизведение робототехническими средствами функций системы человек-машина и использованием оптического сигнала для получения визуальной информации о положении растений в ряду, как это было вначале механизации. Операции распознавания образа, логической обработки информации, принятия и исполнения решения по управлению выполняет комплекс компьютеров и электрогидравлических механизмов. Оптический сигнал проходит обработку средствами искусственного интеллекта.

Проблему управления положением орудия при значительной засоренности посевов, связанную с определением центральной линии ряда растений, возможно разрешить сочетанием контактного отслеживания положения по направляющим в почве и управления положением культиватора электрогидравлическим приводом на новой элементной базе.

Список использованных источников

1. European Weed Research Society: Proceedings 8th EWRS Workshop on Physical and Cultural Weed Control. – Zaragoza, Spain, 9–11 March 2009. –148 p.
2. Barberi, P. Weed management in organic agriculture: are we addressing the right issues? // Weed Research. –№42. – P.176–193.
3. Cloutier D.C., Van der Weide R.Y., Peruzzi A., Leblanc M.L. Mechanical Weed Management // Nonchemical Weed Management: Principles, Concepts and Technology. – CAB International, Wallingford, UK, 2007. – P.111–134.
4. Огляд розвитку засобів для орієнтації просапних знарядь вздовж рядків, зокрема при вирощуванні цукрових буряків / Ветохін В.І., Амосов В.В., Голдибан В.В., Боровик О.Ю., Біловод І.В. // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України : Збірник наук. пр. УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого. – 2020. Вип. 26(40). – С. 30-46.
5. Теория систем автоматического управления / В.А. Бесекерский, Е.П. Попов. – С.Петербург : Профессия, 2003. – 751 с.
6. Співвідношення регулювання та саморегулювання процесів при роботі ґрунтообробного знаряддя / В.І. Ветохін, О.І. Біловод, Н.В. Прілепо, А.Н. Алтибаев. // Тези наукових доповідей XIX Міжнародної наукової конференції «Науково-технічні засади розробки, випробування та прогнозування сільськогосподарської техніки і технологій, УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого ; – Дослідницьке, 2019. – С.15–16.
7. Дебу К.И. Мотыги, пропашники и полольники / Сост. специалист по с.-х. машиностроению К.И. Дебу. – Санкт-Петербург : П.П. Сойкин, 1912. – 56с.
8. Tractor attachment: пат. 1472888 США: МПК F01B39/06. №535123; Заявл. 09.02.1922; Опубл. 06.11.1923.
9. Steered tractor mounted cultivator: пат. 2604835 США: МПК. A01B35/14. Приоритет 24.03.1944. №585264; Заявл. 28.03.1945; Опубл. 29.06.1952.
10. Соловей, Е.В. Эффективность применения передней навески машин для междурядной обработки пропашных культур. // Сб. научн. тр. – Т.99. – М. : ВИМ, 1983. – С.100–109.
11. Гельфенбейн С.П. Электроника и автоматика в мобильных сельхозмашинах / С.П. Гельфенбейн, В.Л. Волчанов. –М. : Агропромиздат, 1986. – 263 с.
12. Apparatus for guiding row crop processing implements : пат. 4117889 США: МПК A01B69/00. №761373; Заявл. 21.01.1977; Опубл. 03.10.1978.
13. Procédé et dispositif pour le guidage automatique d'un véhicule agricole motorisé : пат. 2423961 Франция : МПК A01B69/00. Приоритет DE19782818640, 27.04.1978 – FR7905653A; Заявл. 05.03.1979; Опубл. 23.11.1979.
14. Применение направляющих щелей при возделывании сахарной свеклы для управления культиватором : методические рекомендации / В.С. Глуховский, В.Н. Данченко, В.И. Ветохин, К.Н. Якименко и др. // НПО «Сахарная свекла» ; Черниговский обл. Агропром. – Чернигов : Десна, 1987. – 19 с.
15. Рабочий орган для нарезки щелей в почве : пат. 1396975 СССР : МКИ A01B13/16. №4054661/30-15; Заявл. 15.04.86; Опубл. 23.05.88, Бюл. №19.

16. Якименко, К.Н. Совершенствование способа и рабочих органов для коррекции направления движения пропашных агрегатов вдоль рядков сахарной свеклы на уходе за посевами : дис. ... к.т.н. : 05.20.01. – К. : ВНИС, 1990. – 191 с.
17. Traffic system, especially public local passenger traffic system: пат. 4069888 США: МПК B60E27/00. №679684; Заявл. 23.04.1976; Оpubл. 24.01.1978.
18. Positioning system particularly useful for positioning agricultural implements : пат. 4835691 США : МПК G06F15/50. №95072; Заявл. 11.09.1987; Оpubл. 30.05.1989.
19. Robotic Cultivator : пат. 5442552 США : МПК G06F15/20. №32075; Заявл. 16.03.1993; Оpubл. 15.08.1995.
20. Camera steering system ROW-GUARD. *Einbock* : веб-сайт. URL: <https://www.einboeck.at/en/products/crop-care/camera-steering-system/row-guard>
21. Точная междурядная культивация. ROW-MASTER: RN, RN_S : Проспект фірми BEDNAR FMT, s.r.o. URL: <https://www.bednar.com/upload/products/prospects/row-master-be3ro5yi8x.pdf>
22. Innovative operative machines for physical weed control on processing tomato in the Serchio Valley (Central Italy) / Fontanelli M., Raffaelli M., Ginanni M., Lulli L., Frascioni C., Sorelli F. and Peruzzi A. // 8th EWRS Workshop on Physical and Cultural Weed Control, Zaragoza, Spain, 9-11 March 2009. – P. 41–48.

В.И.Передня¹, В.Ф. Радчиков², Е.Л. Жилич¹, А.А. Кувшинов¹, А.М. Злотник¹¹ РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

e-mail: npc_mol@mail.ru

² РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству»

г. Жодино, Республика Беларусь

e-mail: labkrs@mail.ru

К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ МОБИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КОРМОЛЕКАРСТВЕННЫХ СМЕСЕЙ И ПРЕМИКСОВ

Продуктивность взрослого крупного рогатого скота находится в прямой зависимости от здоровья телят в молочный период. В первые дни после рождения теленок может питаться исключительно жидкими кормами – в это время функционирует только кишечное пищеварение, а рубцовое находится в зачаточном виде. Расстройства процессов пищеварения и развитие диспепсии в первые дни после рождения являются серьезным препятствием на пути выращивания здорового молодняка.

В кормлении крупного рогатого скота, особенно молодняка, а также при организации производства премиксов и различных белково-витаминных добавок, встает проблема совместимости различных биологически активных веществ в составе премиксов в зависимости от состояния каждого организма животного на различных фермах, условий и сроков хранения.

Основными факторами, влияющими на стабильность ингредиентов, являются: влажность премиксов, сроки хранения, показатели *РН* и температура хранения.

В этих условиях перспективной и востребованной будет разработка мобильной установки, малой производительности для приготовления профилактических и лечебных кормовых добавок, премиксов, кормолекарственных смесей для конкретных животных на конкретной ферме.

Ключевые слова: телята, молочный период, растительные корма, измельчение, смешивание, премикс, микрофлора.

V.I. Perednya¹, V.F. Radchikov², E.L. Zhilich¹, A.A. Kuvshinov¹, A.M. Zlotnik¹¹ RUE "SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization"

Minsk, Republic of Belarus

e-mail: npc_mol@mail.ru

² RUE "SPC NAS of Belarus for animal husbandry"

Zhodino, Republic of Belarus

e-mail: labkrs@mail.ru

TO THE QUESTION OF CREATION OF A MOBILE UNIT FOR PRODUCING FEED MIXTURES AND PREMIXES

Death from cattle is directly dependent on the health of the calves during the milky period. In the first days after birth, the calf can only eat liquid feed, because only intestinal digestion works for them, and the cicatricial is only in its infancy. Digestive disorders and the development of dyspepsia in the first days after birth are serious obstacles to the cultivation of healthy young animals.

In this regard, there are various problems associated with the presence of various components in the human body, as well as in storage conditions. The main factors affecting the permanent ingredients are: premix humidity, shelf life, pH and storage temperatures.

Under these conditions, mobile installations of low productivity for the preparation of preventive and therapeutic additives, premixes, feed medicinal mixtures for specific animals and real farms will be a promising and sought-after development.

Keywords: calves, dairy period, vegetable feed, grinding, mixing, premix, microflora.

Введение

Очень часто при выращивании телят молочного периода возникает проблема расстройства процессов пищеварения и развития диспепсии в первые дни после рождения, что является серьезным препятствием на пути осуществления мероприятий, направленных на максимальное сбережение новорожденных [1]. Особенно часто это возникает на небольших фермах, которых в стране насчитывается более 50 %.

Исключительное значение в развитии диспепсии телят имеет процесс адаптации макро- и микроорганизмов, тесно связанных со становлением гормональных регуляторных механизмов биосинтеза нуклеиновых кислот и белка, а так же функционирование клеточных структур тканей организма новорожденных телят. Нарушение этих процессов может привести к глубоким расстройствам обменных процессов в тканях новорожденных телят. Исследование особенностей подобных нарушений дает возможность получить данные, которые позволят улучшить профилактические и лечебные мероприятия при диспепсии молодняка.

Основная часть

Данной проблеме посвящено много исследований. Так, по данным исследований Розгони И.И. и Смоляникова Б.В. [2], которые изучали [3] белково-углеводно-энергетический обмен в тканях четырех здоровых и восьми больных диспепсией телят, было установлено: в гомогенных структурах печени, почек, селезенке, надпочечников, зубной и щитовидной желез, слизистой оболочке, сыгуча, тонкого и жесткого отделов кишечника концентрация РНК рибосом у больных диспепсией телят на 30 % ниже, чем у здоровых.

Рибосомы являются аппаратом биосинтеза белка в живой клетке, поэтому уровень и интенсивность биосинтеза белка непосредственно связаны с их количеством: в тканях, больных диспепсией телят, функция аппарата, синтезирующего белок, ослаблена, а синтез белков осуществляется минимально, о чем свидетельствует низкое количество растворимых цитоплазматических белков в гомогенатах тканей. Концентрация растворимых белков у больных диспепсией телят в 1,5–2 раза ниже, чем у здоровых.

Значительные изменения наблюдаются и в углеводном обмене телят. Здесь следует отметить 1,5–2-кратное повышение фосфогексоизометазной активности при понижении фосфоглюкомутазной активности во всех исследуемых тканях больных диспепсией телят. Это свидетельствует о повышении гидролитического расщепления углеводов, вследствие чего истощаются запасы гликогена в печени, значительно понижается концентрация глюкозы, фруктозы, но в тоже время повышается концентрация молочной кислоты и пентоз в тканях больных токсической диспепсией телят [4,5].

Анализ полученных данных позволяет сделать заключение, что заболевание новорожденных телят диспепсией связано с глубокими нарушениями биосинтеза нуклеиновых кислот, а, следовательно, и белков в тканях, обусловленных несовершенством регуляторных механизмов в первые дни жизни телят.

Для ликвидации этих недостатков разработано много различных БВД и премиксов, рецепт одного представлен в табл. 1.

Т а б л и ц а 1. – Рецепт премикса «Нуклеостимул»

№ п\п	Компоненты	Количество
1	Натрий хлористый	8,5 г.
2	Магний сернокислый	5,0 г.
3	Натрий фосфорнокислый однозамещенный	1,5 г.
4	Марганец сернокислый	0,01 г.
5	Кобальт сернокислый	0,002 г.
6	Цинк сернокислый	0,01 г.
7	Калий йодистый	0,005 г.
8	Натрий двууглекислый	8,0 г.
9	Протеолитический фермент (теризин и др.)	0,04 г.
10	Витамин В ₁	0,002 г.
11	Витамин В ₂	0,0015 г.
12	Витамин В ₆	0,002 г.
13	Витамин В ₁₂	15 мкг
14	Никотинамид	0,01 г.
15	Фолиевая кислота	0,0005 г.
16	Аскорбиновая кислота	0,08 г.
17	Пантотенат кальция	0,003 г.
18	Витамин А	3000 МЕ
19	Витамин Д	200 МЕ
20	Витамин Е	0,002 г.
21	Антиоксидант дилудин	0,01-0,02 г.

Электронномикроскопические исследования срезов проб ткани печени, полученных от здоровых и больных телят после лечения премиксом, свидетельствует о полном восстановлении биосинтетических функций ядерных и цитоплазматических структур клеток под влиянием премикса, что обеспечивает выздоровление больных диспепсией телят.

Проведена широкая производственная проверка профилактирующей и лечебной эффективности в различных областях Украины на более чем 20 тыс. новорожденных телят [6]. Полученные данные свидетельствуют о том, что применение премикса позволило повысить эффективность лечебной работы при диспепсии телят на 25 %, излечить и сохранить в среднем 95 %, а во многих хозяйствах до 98 %, больных диспепсией телят. Применение премикса с профилактической целью значительно сокращает заболеваемость телят диспепсией или облегчает заболевание и, таким образом, повышает эффективность лечебной работы.

При производстве и применения витаминно-минеральных добавок и премиксов, как правило, недостаточно уделяется внимание фактической необходимости и, главное, своевременности их введения в рационы кормления, механизму действия препаратов и их влиянию на состояние обмена веществ. По данным Самохина В.Т. [4], добавка в рацион премикса с микроэлементами в более высоких количествах способствовала устранению выявленных нарушений в обмене веществ у коров с удоем 5000 кг молока за лактацию. Это подтверждается и результатами исследований, проведенных РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству» [5,7,8]. Были уточнены нормы потребности коров с удоем 6–8 тыс. кг молока за лактацию в витаминах и минеральных веществах, которые оказались на 20–50 % выше существующих норм. На основании новых норм потребности животных в биологически активных веществах были разработаны витаминно-минеральные премиксы для коров в период раздоя, основной период лактации и в сухостойный период. Их применение во всех племязаводах Беларуси позволило оптимизировать минеральный обмен (сократилось заболевание конечностей), исчезли родильные парезы, нормализовались отёлы и повысилась воспроизводительная функция коров, исчезли признаки нарушения белкового обмена и других заболеваний. Все это способствовало повышению продуктивности животных на 10–12 %, сокращению затрат кормов за единицу продукции на 8–10 %, сокращению сервис-периода на 14–16 дней и продлению срока службы ценных животных в 1,5–1,8 раза.

Как показывают многочисленные исследования [8,10,11], в кормлении крупного рогатого скота и других животных, особенно молодняка, а также при организации производства премиксов

различных белково-витаминных добавок, встает проблема совместимости различных биологически активных веществ в составе премиксов в зависимости от состояния каждого организма животного на различных фермах, условий и сроков хранения.

Из основных факторов, которые влияют на стабильность ингредиентов, можно выделить: влажность премиксов, сроки хранения, показатели *РН* и температура хранения.

С увеличением влажности премиксов и сроков хранения, частицы отдельных микроингредиентов образуют на своей поверхности влажную пленку, в которой они постепенно растворяются и, вступая в химические реакции, постепенно инактивируются. Следовательно, при изготовлении и длительном хранении премиксов необходимо учитывать совместимость и взаимодействие их компонентов.

Премиксы, в основном, изготавливаются на крупных комбикормовых предприятиях, в больших количествах и с весьма длинными сроками хранения. Как показывают исследования [7,12], сохранность кормовых антибиотиков, витаминов А и В₂, входящих в состав премиксов, зависит от вида наполнителя (пшеничные отруби, кормовые дрожжи и/или другие компоненты), солей микроэлементов (углекислые и сернокислые), а также сроков хранения.

Общая первоначальная влажность премиксов была в пределах 6,2–10,5 % и зависела от вида наполнителя. Максимальный показатель общей первоначальной влаги обнаружен в премиксах с сернокислыми солями (наполнитель – отруби пшеничные), минимальный – в премиксах с углекислыми солями и сантохином, в крафтовых мешках без полиэтиленовой прокладки (наполнитель – дрожжи) [12].

Результаты исследований показали, что через 3 месяца хранения премиксов содержание витамина А (наполнитель – отруби пшеничные) снижается на 22–67 %. Сохраняемость витамина А в премиксах с углекислыми солями была выше, чем в премиксах с сернокислыми (разница статистически достоверна). Вид упаковки влияет на сохранность витамина А, которого в крафтовых мешках с полипропиленовой прокладкой было больше на 6–8 %.

Подробные результаты получены и в опытах с премиксами, где в качестве наполнителя использовались дрожжи.

Изучалось также активность витамина В₂. Исследования показали, что расчетное количество витамина В₂ в составе премикса также изменяется в зависимости от вида солей микроэлементов и сроков хранения. При изготовлении премиксов с сернокислыми солями микроэлементов происходит некоторое разрушение витамина В₂.

Содержание витамина В₂ в премиксах непосредственно после смешивания снижается особенно сильно под влиянием сернокислых солей и сроков хранения.

В процессе хранения премиксов происходило разрушение витамина В₂. Через один месяц хранения наибольшее разрушение витамина произошло в премиксе с сернокислыми солями без сантхина (наполнитель – отруби пшеничные) при хранении в обычных крафтовых мешках [8,12].

Повышение продуктивности животных только за счет внедрения интенсивных систем, без достаточного учета физиологических потребностей животных, особенно на небольших фермах, ведет к метаболической переориентации и снижению их иммунной реактивности, на фоне которых возникают незаразные болезни, составляющие около 60 % от всех заболеваний, среди которых значительное место занимает патология обмена веществ [12].

При этом снижается не только продуктивность животных, но и в значительной степени страдает качество продукции.

Только сбалансированные по питательности и биологически активным веществам рационы способствуют сохранению здоровья животных и повышению их продуктивности. Однако зооветеринарные работники недостаточно внимания уделяют значению витаминов и минералов в кормлении животных.

Следует отметить, что витамины, микроэлементы и их сочетание можно применять не только как кормовые добавки, но и в качестве профилактических и лечебных средств при различных заболеваниях незаразной этиологии, поскольку дефицит биотических элементов в организме животных, особенно молодняка, приводит к стойким хроническим изменениям структуры, а так же функций органов и систем.

Как показали исследования Краснодарского НИИВ [12], лечебно-профилактические премиксы позволяют предотвратить гипо- и авитоминозы, гипо – и амикроэлементозы, а также заболевания, связанные с их недостаточностью (алиментарная анемия, рахит, кетоз, остеодистрофия, паракетоз, беломышечная болезнь и др.). Эти премиксы нормализуют функцию печени и улучшают ее детоксикационную способность, повышают общую устойчивость

организма к заболеваниям, активизируют воспроизводительные функции, увеличивают количество приплода, рост и развитие молодняка, усиливают аппетит и перевариваемость питательных веществ рациона, снижают затраты корма на единицу продукции.

Комплексное применение биологически активных веществ в виде премиксов – это не только полнорационные корма с гарантированной эффективностью, но и профилактика, оздоровление животных при заболеваниях неинфекционного характера, стимуляция обменных процессов и повышение естественной резистентности организма.

Доказано, что в пищеварении и обмене веществ в организме жвачных животных решающую роль играет микрофлора преджелудков – важнейшего источника аминокислот, витаминов питательных, биологически активных веществ и летучих жирных кислот, которые образуются в процессе переваривания кормов. В результате проведенных во ВГНИИЖ на полифистульных коровах исследований, установлено, что с ростом продуктивности у животных повышается потребление корма и интенсивность метаболических процессов. При этом возрастает чувствительность механизмов обмена веществ к неблагоприятным факторам внутренней и внешней среды, вызывающим патологические изменения в организме.

Изменение направленности метаболизма в рубце становится причиной дисфункции печени и нарушения обмена веществ. Для преодоления этих неблагоприятных последствий на основе научных данных разработан лечебно-профилактический премикс гепатопротекторного действия. Комплекс содержит синтетические метилпроизводные и аналоги метаболитов в различных формах, улучшающие обмен веществ и функциональную деятельность печени. В премикс добавлен пробиотик, нормализующий симбионтную микрофлору желудочно-кишечного тракта и повышающий качественный состав продукта, усиливающий связывание и выведение из организма токсичных веществ и нежелательных метаболитов. Комплекс обладает качествами антидепрессанта.

Как видно даже с небольшого количества выбранных исследований по профилактике лечений различных заболеваний, большее значение имеет скормливание разработанных кормовых добавок и премиксов.

Но, как правило, производят эти добавки и премиксы, в основном на крупных комбикормовых предприятиях для здоровых животных без учета вида заболеваемости животных. Доходят подобные добавки и премикс до животных с большими сроками хранения (в большинстве случаев) и, соответственно, не с теми показателями, на которые они рассчитаны, что сказывается на результатах животноводства.

Поэтому назрела необходимость разработки мобильной установки малой производительности для приготовления профилактических и лечебных кормовых добавок, премиксов, кормолекарственных смесей для конкретных животных на конкретной ферме. Особенно нужны такие установки для небольших ферм.

В профилактике заболеваний и лечения животных большое значение имеет скормливание специально приготовленных кормолекарственных смесей. Биологическая ценность таких кормов заключается в том, что они содержат многие витамины, влияющие на биохимические процессы, которые протекают в различных органах и тканях, повышают защитные свойства организма, стимулируют деятельность пищеварительных желез, кроветворных органов, нормализуют минеральный обмен, обмен белков, жиров и углеводов.

Заключение

1. Многочисленными исследованиями установлено, что новорожденные телята часто болеют диспепсией, а в большинстве случаев подобное заболевание отрицательно сказывается на сохранности поголовья.

2. Анализ исследований показывает, что заболевания телят приводят к нарушению белкового обмена – за счет уменьшения концентрации растворимых белков в тканях больных животных, а углеводного – за счет понижения фосфоглюкомутазной активности.

3. Разработанные и выпускаемые белково-витаминные добавки и премиксы имеют небольшие сроки хранения с соблюдением строгих условий сбережения.

4. Из основных факторов, влияющих на качество, стабильность и сохранность витаминно-минерального комплекса всех ингредиентов, входящих в их состав, являются: влажность премиксов, сроки хранения, показатели *РН* и температура хранения.

5. При производстве и применении витаминно-минеральных веществ и премиксов, как правило, уделяется недостаточное внимание изученности фактической необходимости и своевременности их введения в рационы кормления.

6. Производят премиксы и различные добавки на крупных предприятиях, что не всегда позволяет доставить продукт к животным своевременно, а особенно на небольшие фермы. Подобная ситуация вызывает необходимость увеличивать сроки хранения, что влечет за собой потерю качества кормов и, соответственно, низкие результаты в животноводстве.

7. Назрела необходимость в разработке и изготовлении мобильных установок для производства премиксов, профилактических и лечебных кормовых добавок с целью использования продуктов на конкретных фермах и для конкретных животных.

Список использованных источников

1. Белоносов, Н.И. Производство и использование лечебных комбикормов / Н.И. Белоносов // Комплексное использование БАВ в кормлении сельскохозяйственных животных: сб. науч. тр. – Горки: БСХА, 1974. – С. 68–75.

2. Кравцов, А.Я. Производство и использование лечебного комбикорма с гигромицином Б при смешанной инвазии у кур / А.Я. Кравцов // Комплексное использование БАВ в кормлении сельскохозяйственных животных: сб. науч. тр. – Горки: БСХА, 1974. – С. 436–441.

3. Розгони, И.И. Применение премиксов с целью профилактики и лечения диспепсий новорожденных телят / И.И. Розгони, Б.В. Смолянинов // Комплексное использование БАВ в кормлении сельскохозяйственных животных: сб. науч. тр. – Горки: БСХА, 1974. – С. 233–238.

4. Самохин, В.Т. Лечебно-профилактические премиксы при нарушении обмена веществ у сельскохозяйственных животных / В.Т. Самохин // Комплексное использование БАВ в кормлении сельскохозяйственных животных: сб. науч. тр. – Горки: БСХА, 1974. – С. 160–161.

5. Горячев, И.И. Рекомендации по витаминно-минеральному питанию высокопродуктивного молочного скота / И.И. Горячев, В.Е. Красно, В.М. Голушко. – Минск: Ураджай, 1992. – 32 с.

6. Кондырев, В.Е. производство комбикормов в зарубежных странах / В.Е. Кондырев. – ВИНТИСХ, 1987. – Вып. 37.

7. Солнцев, К.М. Однородность распределения, сохранность антибиотиков и витаминов в премиксах промышленного производства / К.М. Солнцев, П.Н. Котуранов // Комплексное использование БАВ в кормлении сельскохозяйственных животных: сб. науч. тр. – Горки: БСХА, 1974. – С. 250–256.

8. Редько, Н.В. Вопросы рационального использования микродобавок в составе комбикормов и премиксов / Н.В. Редько. – Горки: БСХА, 1974.

9. Захарченко, И.М. Производство белкововитаминных добавок и премиксов / И.М. Захарченко [и др.]. – М.: Колос, 1985.

10. Захарченко, И.М. Производство белкововитаминных добавок и премиксов / И.М. Захарченко [и др.]. – М.: Колос, 1982.

11. Романов, В. Лечебные премиксы для коров и телят / В. Романов, А. Солдатов, О. Романов // Животноводство России. – 2009. – №2. – 51 с.

12. Володин, П.В. Эффективность использования лечебных комбикормов с антигельминтными препаратами при откорме цыплят, пораженных аскаридозом / П.В. Володин, О.В. Теплов // Комплексное использование БАВ в кормлении сельскохозяйственных животных: сб. науч. тр. – Горки: БСХА, 1974. – С. 233–238.

**В. В. Микульский, Э. В. Дыба, П. В. Яровенко, Л. И. Трофимович,
А. А. Бернацкий**

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

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕХНОЛОГИИ ЗАГОТОВКИ И ХРАНЕНИЯ В ПОЛИМЕРНЫХ РУКАВАХ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ТЮКОВ ИЗ ПРОВЯЛЕННЫХ ТРАВ, ОБРАБОТАННЫХ КОНСЕРВАНТАМИ НА КАЧЕСТВО И СОХРАННОСТЬ КОРМОВ

В статье представлены результаты, доказывающие эффективность применения новой технологии заготовки и хранения в полимерных рукавах спрессованных крупногабаритных тюков силоса из провяленных трав, обработанных консервантами и сенажа без обработки консервантом.

Ключевые слова: корма, сенаж, силос, провяленные травы, биоконсерванты, тюковый пресс-подборщик, упаковщик тюков, полимерные рукава, качество кормов, сохранность кормов, кормовая единица, обменная энергия.

**V. V. Mikulsku, E. V. Dyba, P. V. Yarovenko, L. I. Trofimovich,
A. A. Bernatski**

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

RESEARCH RESULTS OF THE TECHNOLOGY OF COLLECTING AND STORAGE IN POLYMER SLEEVES OF LARGE-SIZED BALES OF DRIED WEEDS TREATED WITH PRESERVATIVES FOR THE QUALITY AND PRESERVATION OF FEED

The article presents the results proving the effectiveness of the application of a new technology of collecting and storage in polymer sleeves of compressed large-sized silage bales of dried weeds treated with preservatives and haylage without preservative treatment.

Keywords: feed, haylage, silage, dried weeds, biopreservatives, baler, bale wrapper, polymer sleeves, forage quality, feed preservation, feed unit, exchange energy.

Введение

По данным Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь для нужд отечественного животноводства ежегодно заготавливается свыше 12 миллионов тонн сенажа из провяленных трав с хранением их в траншейных хранилищах и полимерной упаковке [1, 2]. Мировой практикой, в том числе и нами, доказано, что минимальные потери кормов (от 3 до 8 %) и их качество на уровне высшего и первого класса обеспечиваются только путем применения последней технологии, при условии обеспечения необходимой плотности провяленных трав в упаковке (не менее 400 кг/м³). В связи с вышесказанным перед сельскохозяйственными организациями нашей страны была поставлена задача – довести до 2020 года объемы заготовки провяленных трав по этой технологии до 30 % [3].

Основная часть

Анализ применения известных способов заготовки кормов в полимерную упаковку показал, что в 2019 году по данной технологии было заготовлено всего 12,5 % провяленных трав. Основные причины: низкая производительность (до 20 т/ч) ключевых машин – рулонных пресс-подборщиков и обмотчиков рулонов пленкой; высокие затраты на пленку и шпагат (сетку) из-за низкой плотности рулона (менее 400 кг/м³), вызванная неравномерностью их прессования в постоянной камере пресс-подборщика. Последний недостаток, как установлено исследованиями, приводит к потерям провяленных трав от 15 до 20 % и снижению их качества до уровня неклассных [3].

Поиск решений направленных на применение более эффективной разновидности

технологии заготовки провяленных трав в полимерную упаковку привел к созданию нового способа заготовки кормов с применением тюкового пресс-подборщика типа ПТ-800 и упаковщика тюков в рукав УТПР-9 (разработки РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»).

В отличие от рулонных пресс-подборщиков, тюковые пресс-подборщики обеспечивают не только сближение стеблей, но и их расплющивание, при этом воздух из растительной массы выдавливается равномерно и более интенсивно. Это способствует получению тюков из провяленных трав плотностью более 500 кг/м^3 , что до полутора раз выше, чем рулонов. Не менее важное преимущество тюкового пресс-подборщика и упаковщика тюков в рукав – их высокая производительность, от 40 до 60 т/ч, что более чем в два раза превышает производительности рулонных пресс-подборщиков и обмотчиков рулонов пленкой.

Как известно, в основе естественного консервирования (сенажирования) провяленных трав, при условии обеспечения изоляции травяной массы от доступа воздуха, лежит их физиологическая сухость до влажности 45–55 %. Однако на практике провяливание скошенных трав до оптимальной влажности затруднительно, особенно при неблагоприятных погодных условиях. Так, неустойчивые погодные условия, характерные для нашей республики в период сенокоса, способствуют значительному снижению скорости провяливания трав до необходимой влажности. В результате общие потери сухого вещества травы могут достигать 50 % и больше, также значительны потери протеинов и других питательных веществ [4]. Поэтому в данных условиях необходимо обязательно проводить обработку провяленных трав консервантами, основные задачи которых являются сдерживание развития вторичной ферментации и быстрая выработка в кормах молочной кислоты до необходимых пределов, обеспечивающие в совокупности быстрое консервирование провяленных трав повышенной влажности (более 55 %) с наименьшими потерями питательных веществ. Следовательно, для повышения эффективности и расширения области применения тюковых пресс-подборщиков необходимо дополнительно их оснащать оборудованием для внесения консервантов, что и было выполнено на примере тюкового пресс-подборщика ПТ-800.

В соответствие с рис. 1, разработанное РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» оборудование (макетный образец) для ввода консервантов к тюковым пресс-подборщикам, включает следующие основные элементы: раму 1, бак 2 объёмом 200 литров для приготовления консервантов, гидромешалку 3, диафрагменный насос 4, всасывающий 5 и линейный 6 фильтры, регулятор расхода рабочей жидкости 7, штангу 8 с распылителями 9 и соединительных шланг 10–13.

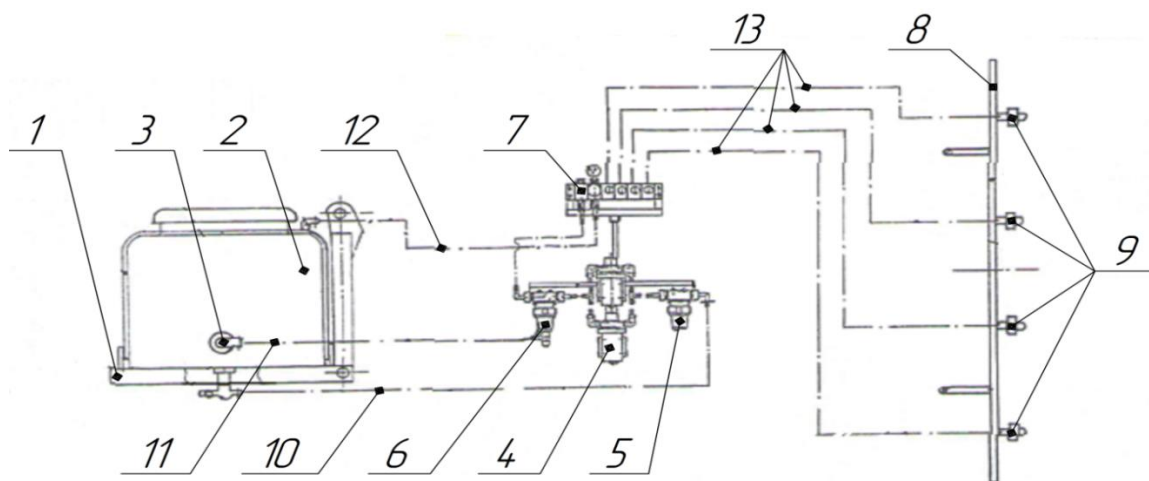


Рис. 1. – Схема макетного образца для ввода консервантов к тюковым пресс-подборщикам

1 – рама; 2 – бак; 3 – гидромешалка; 4 – диафрагменный насос; 5 – фильтр всасывающий;
6 – фильтр линейный; 7 – регулятор расхода рабочей жидкости; 8 – штанга;
9 – распылители; 10, 11, 12, 13 – шланги

Монтаж макетного образца для ввода консервантов к тюковым пресс- подборщикам осуществляется следующим образом. Рама 1, в сборе с баком 2 устанавливается на переднем навесном устройстве трактора и соединяется шлангами 10, 11, 12 к всасывающему фильтру 5, линейному фильтру 6 и регулятору расхода рабочей жидкости 7 соответственно, которые в свою очередь монтируются на раме пресс-подборщика рядом с подбирающим механизмом. Место расположения штанги и схема расстановки распылителей относительно обрабатываемого валка провяленных трав консервантом, были определены исходя из обзора эксплуатации известных аналогов данного оборудования на рулонных пресс-подборщиках. Так, анализ показал, что наиболее качественная обработка скошенных трав консервантами обеспечивается при установке штанги над подборщиком с рядной расстановкой распылителей на штанге. Это объясняется тем, что при подборе кормов подборщиком происходит процесс их вспушивания, благодаря чему создаются наилучшие условия для обработки консервантами всей массы, а, следовательно, обеспечивается более высокая эффективность самих консервантов.

Общий вид макетного образца для ввода консервантов, смонтированный на примере тюкового пресс-подборщика ПТ-800 в агрегате с трактором «Беларус-2522» представлен на рис. 2.

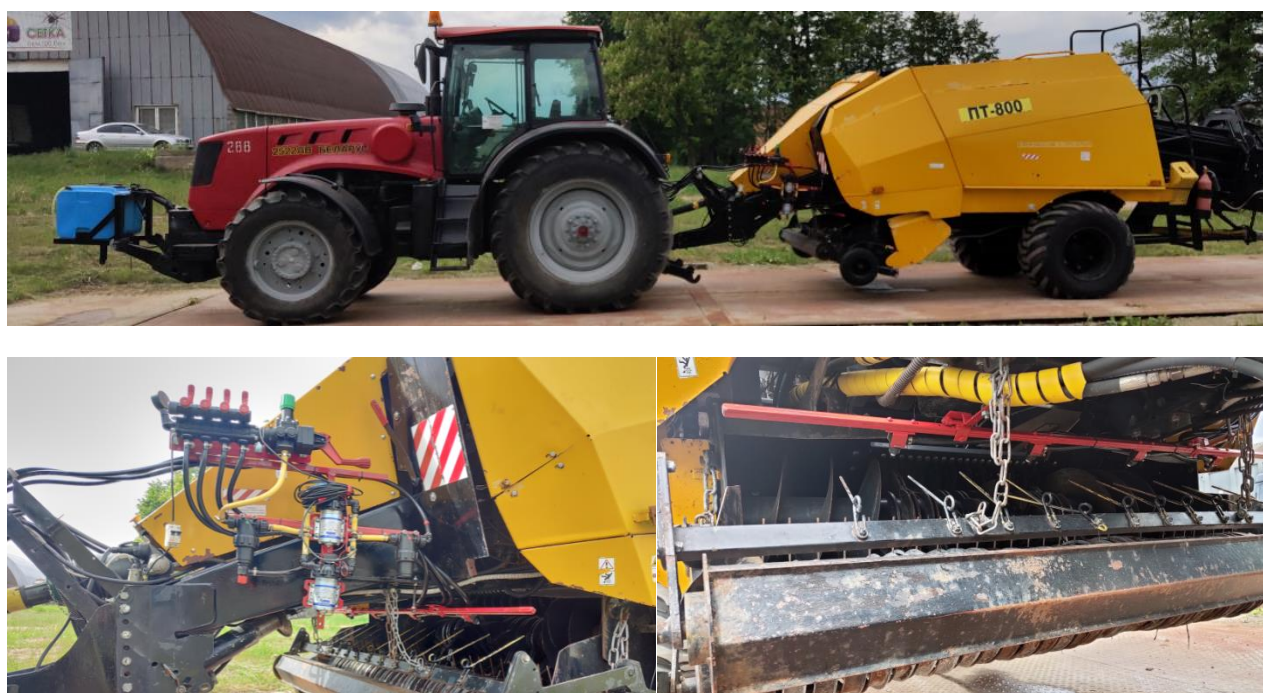


Рис. 2. – Общий вид макетного образца для ввода консервантов на тюковом пресс-подборщике ПТ-800 в агрегате с трактором «Беларус-2522»

Работает макетный образец следующим образом. В соответствии с инструкцией применяемого того или иного консерванта приготавливается рабочий раствор, который в последующем заливается в бак макетного образца, где происходит его досмешивание гидромешалкой. Затем рабочий раствор из бака через всасывающий фильтр засасывается диафрагменным насосом и под давлением через линейный фильтр подается на регулятор расхода рабочей жидкости и далее через шланги на корпуса распылителей.

Необходимую дозу внесения рабочего раствора консерванта в провяленные корма рассчитывали по формуле:

$$Q = \frac{v_p \cdot m_b \cdot q}{3600},$$

где v_p – скоростью движения трактора в агрегате с пресс-подборщиком, км/ч;

m_B – масса валка в одном пагоном метре, кг/м;

q – норма расхода рабочей жидкости на 1 т сырья, л/т.

Необходимое давление устанавливали при помощи ручки регулятора давления согласно экспериментально составленной таблице настроек расхода рабочей жидкости откалиброванных распылителей, с углом распыла 80 град. производства «Белама плюс» (табл. 1). Контроль давления в системе осуществляли при помощи манометра.

Т а б л и ц а 1. – Таблица настроек расхода рабочей жидкости распылителя производства «Белама плюс»

Наименование показателя	Значение показателя				
Давление, МПа	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
Расход, л/мин	0,168	0,182	0,21	0,225	0,24

Экспериментальные исследования эффективности применения новой технологии заготовки и хранения в полимерных рукавах крупногабаритных тюков из провяленных трав, обработанных консервантами проводили совместно с РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству» при непосредственном контроле ГУ «Белорусская МИС» в хозяйстве СПФ «Агрострой» ОАО «Минскжелезобетон». В качестве сырья было представлено поле с посевом смеси клевера и тимофеевки (бобово-злаковые травосмеси). Заготовку сенажа из провяленных трав осуществляли без ввода консервантов при влажности 45-50 %, силоса – с вводом консервантов при влажности 60-65%. В качестве консервантов применяли высушенные штаммы молочнокислых бактерий с числом КОЕ $10 \times 10^9 - 10^{10}$, то есть препараты биологического происхождения «SilaPrime», «БиоСил», «Бонсилаге Форте».

В сравнении с химическими консервантами, биологические консерванты, обладают более широким спектром действия. Они консервируют как трудносилосуемые, так и легкосилосуемые травы, предотвращают развитие вторичной ферментации, содержат бактерии, живущие и вырабатывающие молочную кислоту при некотором доступе воздуха. Кроме того, биоконсерванты содержат микроорганизмы, способные деполимеризировать (расщеплять) сложные углеводы (лигнин и крахмал) до простых и обладают хорошим пробиотическим действием, повышающим потребление корма животными.

Нормы внесения биологических консервантов при заготовке силоса из провяленной травосмеси клевера и тимофеевки влажностью 60-65 % представлены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2. – Нормы внесения биологических консервантов при заготовке силоса из провяленной травосмеси клевера и люцерны влажностью 60-65 %

Наименование препарата	Приготовление рабочего раствора	Нормы ввода рабочего раствора на 1 т сырья
<i>SILA-PRIME</i>	450 г на 100 л	1 л
<i>Бонсилаге Форте</i>	100 г на 100 л	1 л
<i>БИО-СИЛ</i>	100 г на 100 л	1 л

Реализация новой технологии заготовки кормов из провяленных трав проводилась в соответствии с рекомендациями на их производство [5]. Скашивание трав осуществляли вальцовыми косилками КПП-9, ворошение и сгребание трав – универсальными граблями-ворошилками ГР-700П, подбор валков с вводом консервантов и их прессование – тюковым пресс-подборщиком ПТ-800, погрузку, транспортировку и выгрузку тюков – платформой с манипулятором ПМК-10, упаковку тюков в рукава – упаковщиком тюков УТПР-9.

В процессе закладки тюков из провяленных трав в рукава отбирали пробы исходного сырья для определения химического состава и питательной ценности. В исходном сырье провяленных

бобово-злаковых трав определяли: сухое вещество, сырой протеин, сырой жир, сырую клетчатку. Результаты исследований представлены в виде табл. 3.

Т а б л и ц а 3. – Химический состав бобово-злакового травостоя

Корм	Сухое вещество, %	Содержится в абсолютно сухом веществе, %			
		Сырой жир	Сырой протеин	Сырая клетчатка	Сырая зола
Бобово-злаковая травосмесь	39,57	3,95	18,01	26,75	6,81
	54,66	3,42	17,19	27,54	7,43

Питательную ценность бобово-злаковых трав устанавливали на основании данных химического состава [6, 7]. Полученные результаты представлены в табл. 4.

Т а б л и ц а 4. – Питательная ценность бобово-злакового травостоя

Корм		Кормовые единицы		Обменная энергия, кДж	
		в натуральном корме	в сухом веществе	в натуральном корме	в сухом веществе
Бобово-злаковая травосмесь	на силос	0,38	0,97	4,34	10,96
	на сенаж	0,44	0,81	5,45	9,97

Анализ таблицы 4 показал, что при провяливание бобово-злаковой травосмеси до влажности 45 % (на сенаж) потери обменной энергии в сравнении их провяливанием до влажности 60 % (на силос) составили не более 10 %, что говорит о достаточно высокой энергетической сохранности кормов в период их упаковки в полимерные рукава, следовательно, выполненную заготовку кормов по новой технологии можно считать удовлетворительной.

Качество кормов из провяленных трав определяли после 2-х месячного их хранения в полимерных рукавах. Для оценки классности кормов была осуществлена проверка следующих основных показателей: масляная кислота, молочная кислота, уксусная кислота, активная кислотность, сухое вещество, сырой протеин, сырая зола, сырая клетчатка, обменная энергия и кормовая единица.

Показатели кислотонакопления в сенаже и силосе из бобово-злаковых трав приведены в табл. 5.

Т а б л и ц а 5. – Соотношение органических кислот в консервированных кормах

Корм	Соотношение кислот, %		
	молочная	уксусная	масляная
Бобово-злаковый сенаж спонтанного брожения в крупногабаритных тюках	71,56	28,44	-
Бобово-злаковый силос с консервантом Бонсилаге Форте в крупногабаритных тюках	76,25	23,75	-
Бобово-злаковый силос с консервантом Silo-Prime в крупногабаритных тюках	77,15	22,85	-
Бобово-злаковый силос с консервантом Био-Сил в крупногабаритных тюках	78,11	21,89	-

Органолептическая оценка и биохимические показатели приготовленных кормов свидетельствовали о хорошем качестве корма. Такие корма имели приятный запах квашеных овощей, цвет, характерный исходному сырью, немажущуюся и без ослизлости консистенцию. Из органических кислот преобладала молочная, которая составляла 71,56–78,11 % от суммы всех кислот. Это основной положительный показатель, характеризующий качество корма, так как содержание молочной кислоты в корме ниже 50 % по отношению к сумме всех органических кислот свидетельствует о недоброкачественности корма. Масляная кислота отсутствовала во всех вариантах.

Как известно, на характер и глубину микробиологических процессов консервированного корма оказывает существенное влияние активная кислотность pH. Для развития отдельных групп микроорганизмов в силосе и сенаже имеется свое минимальное значение pH. Так исследованиями установлено, что сенажированные и силосованные корма имели кислотность pH в пределах 4,7–4,8 и 4,2–4,3 соответственно, а, следовательно, можно в какой-то степени судить о высокой сохранности кормов и их стабильности в аэробных условиях. Следует также отметить, что консервирующее действие pH зависит от осмотического давления корма. С увеличением содержания сухого вещества в провяленной траве повышается осмотическое давление, в результате граница роста бактерий сдвигается вверх. Чем больше содержится сухого вещества, тем выше критический показатель pH, препятствующий росту маслянокислых бактерий, и меньше нужно молочной кислоты, а значит, и сахара, чтобы достичь стабилизирующего показателя pH. Этим и объясняются разные значения активной кислотности в исследуемых кормах.

При сравнении химического состава питательных веществ бобово-злаковых трав после их 2-х месячного хранения в тюках, упакованных в полимерные рукава (табл. 6), с их исходным составом (табл. 3) – установлено, что сенаж, заготовленный без консервантов потерял сырого протеина всего 8,2 %. Потери в силосах с применением консервантов Бонсилаге Форте, Silo-Prime и Био-Сил составили 9,7, 12,2 и 11,0 % соответственно, при этом потери сырого жира не превысили 1,5 %.

Т а б л и ц а 6. – Химический состав спрессованных в крупногабаритных тюках кормов из проявленных бобово-злаковых трав после 2-х месячного их хранения в полимерных рукавах

Корм	Сухое вещество, %	Содержится в абсолютно сухом веществе, %			
		сырой жир	сырой протеин	сырая клетчатка	сырая зола
Бобово-злаковый сенаж спонтанного брожения в крупногабаритных тюках	53,10	3,66	16,25	29,78	7,83
Бобово-злаковый силос с консервантом Бонсилаге Форте в крупногабаритных тюках	38,57	3,68	16,69	29,62	7,69
Бобово-злаковый силос с консервантом Silo-Prime в крупногабаритных тюках	37,61	3,73	16,63	29,54	7,72
Бобово-злаковый силос с консервантом Био-Сил в крупногабаритных тюках	38,43	3,70	16,50	29,65	7,76

Результаты исследований питательной ценности заготовленных кормов из проявленных бобово-злаковых трав представлены в табл. 7.

Т а б л и ц а 7. – Питательная ценность спрессованных в крупногабаритных тюках кормов из проявленных бобово-злаковых трав после 2-х месячного их хранения в полимерных рукавах

Корм	Кормовые единицы		Обменная энергия, кДж	
	в натуральном корме	в сухом веществе	в натуральном корме	в сухом веществе
Бобово-злаковый сенаж спонтанного брожения в крупногабаритных тюках	0,41	0,76	5,16	9,72
Бобово-злаковый силос с консервантом Бонсилаге Форте в крупногабаритных тюках	0,31	0,81	3,86	10,01
Бобово-злаковый силос с консервантом Silo-Prime в крупногабаритных тюках	0,31	0,81	3,77	10,02
Бобово-злаковый силос с консервантом Био-Сил в крупногабаритных тюках	0,31	0,81	3,84	9,99

Анализируя табл. 7 видно, что потери обменной энергии в сухом веществе бобово-злакового сенажа после их 2-х месячного хранения в тюках, упакованных в полимерные рукава составило всего 2,5 %, кормовых единиц – 6,2 %. Потери обменной энергии в сухом веществе бобово-злаковых силосов по той же технологии, но с применением биологических консервантов Бонсилаге Форте, Silo-Prime и Био-Сил, составило не более 9,0 %, а кормовых единиц – 16,5 %.

Комплексную оценку заготовленных кормов определяли в соответствии с СТБ 1223-2000 [8]. Так при подсчете баллов, начисленный за каждый нормативный показатель было установлено, что все исследуемые корма были отнесены к кормам первого класса.

Заключение

Таким образом, полученные результаты исследований доказывают высокую эффективность применения биологических консервантов при силосовании провяленных трав по новой технологии – в крупногабаритные тюки с последующим их хранением в полимерных рукавах, и при сенажировании без их обработки и может быть внедрена в современную кормозаготовительную компанию Республики Беларусь.

Список использованных источников

13. Рабочий план по заготовке травяных кормов в 2019 году // Официальный сайт Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: https://mshp.gov.by/rasten/rp_ztk2019.pdf. – Дата доступа: 19.05.2020.
14. Рабочий план по заготовке травяных кормов в 2020 году // Официальный сайт Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: https://mshp.gov.by/documents/plant/rab_plan202001.pdf. – Дата доступа: 19.05.2020.
15. Лабоцкий, И.М. Повышение качества и сохранности кормов из провяленных трав путем обработки консервантами, прессования в тюки и хранения их в полимерных рукавах / И.М. Лабоцкий // Механизация сельского хозяйства. Научно-популярный с.-х. журн. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2017. – № 3 (6). – С. 28–31.
16. Маклахов, А.В. Совершенствование технологии заготовки сена в рулонах // А.В. Маклахов, В.К. Углин, В.Е. Никифоров // Владимирский земледелец. – 2017. – № 4 (82). – С. 28–30.
17. Техническое обеспечение технологий заготовки высококачественных кормов: рекомендации / В.В. Гракун [и др.] // РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству». – Минск, 2018. – 76 с.
18. Сенаж. Технические условия: ГОСТ 23637-90. – 01.05.1991. – М. : ИПК Издательство стандартов, 2003. – 7 с.
19. Силос из зеленых растений. Технические условия: ГОСТ 23638-90. – Введ. 01.05.1991. – М. : ИПК Издательство стандартов, 2002. – 7 с.
20. Силос из кормовых растений. Общие технические условия: СТБ 1223-2000. – Введ. 22.08.2000. – Госстандарт. – Минск, 2000. – 10 с.

А.Н. Юрин, С.П. Кострома, В.В. Викторovich
РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: anton-jurin@rambler.ru

ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ ДВУХФРЕЗЕРНОГО КАНАЛОКОПАТЕЛЯ

Обоснованы рациональных параметров и режимы работы двухфрезерного каналокопателя.

Ключевые слова: откосы мелиоративного канала, каналокопатель, рабочий орган.

A.N. Jurin, S.P. Kostroma, V.V. Viktorovich
RUE «SPC of NAS of Belarus for mechanization of agriculture»
Minsk, Republic of Belarus
e-mail: labmkr@yandex.ru

The rational parameters and modes of operation of the two-cutter canal digger have been substantiated.

Keywords: slopes of the reclamation channel, canal digger, working body.

Введение

Современное сельскохозяйственное производство требует постоянного проведения мелиоративных мероприятий, таких, как культуртехнические работы, строительство мелиоративных систем, сооружение водохозяйственных объектов. Выполнение вышеприведенных работ связано с большими капиталовложениями, затратами труда и материальных ресурсов. Надлежащую отдачу от сделанных вложений можно получить только при рациональной эксплуатации мелиорированных земель, мелиоративных и водохозяйственных систем и сооружений.

Общая площадь мелиорированных земель в республике составляет 3,4 млн. гектаров, из них 2,9 млн. гектаров занимают сельскохозяйственные земли, в том числе пахотные – 1,4 млн. гектаров и луговые – 1,5 млн. гектаров.

Типичным и важнейшим элементом мелиоративных систем являются различного назначения каналы и водоприемники как наиболее дешевый способ осушения переувлажненных земель. Каналы могут также выполнять функции элементов противопаводковых систем, применяющихся для борьбы с затоплением земель[1].

Способ строительства канала и вид применяемых машин зависят, помимо прочего, от назначения канала, профиля (трапециевидный, параболический), габаритных размеров и крепления.

В настоящее время в республике чаще всего строительство каналов производится одноковшовыми экскаваторами с различной формой ковшей, при этом не соблюдаются профили канала, что приводит к необходимости дополнительных работ по планировке дна и откосов канала, разравниванию кавальеров на берегах канала.

Мировая практика показывает, что для прокладки мелиоративных каналов используются двухфрезерные каналокопатели непрерывного действия, не имеющие недостатков выше описанного способа строительства канала.

Принимая во внимание всю важность поддержания работоспособности существующей мелиоративной системы и возможный экономический ущерб от несоблюдения требований эксплуатации водохозяйственных объектов, можно утверждать, что разработка двухфрезерного каналокопателя является актуальной задачей.

Основная часть

В республике Беларусь наиболее применяемые коэффициенты заложения откосов для различных грунтов осушительных каналов при глубине канала 1,0-2,0 м приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1. – Коэффициенты заложения откосов для различных грунтов осушительных каналов

Грунты	Коэффициент заложения откосов
Торф малоразложившийся	0,5 – 1,0
Торф разложившийся	1,0 – 1,5
Плотная глина	0,75 – 1,0
Суглинок	1,0 – 1,25
Супесь	1,25 – 1,5
Песок	2,5 – 3,0

Ширину каналов определяют исходя из гидравлических расчетов согласно пропускаемому расходу воды.

Минимально допустимая ширина дна проводящих каналов принимается обычно 0,25 – 0,5 м [2].

При конструировании каналокопателей необходимо ориентироваться на следующие типоразмеры открытых осушительных каналов, приведенные в табл. 2.

Т а б л и ц а 2. – Типоразмеры каналов открытой осушительной сети

Каналы	Глубина, м		Уклон дна	Ширина дна, м	Коэффициент заложения откоса
	минимальная	максимальная			
Осушители	1,0	1,7	0,0003 – 0,01	0,2	0,5 – 1,5
Коллекторы	1,3	2,5	0,0003 – 0,005	0,4	1,0 – 2,0
Магистральные	1,7	3,5	0,0002 – 0,005	0,6 и более	2,0 – 2,5

В осушительных каналах глубиной 1,0 – 1,7 м и 1,3 – 2,5 м преобладают торфяные, песчаные или супесчаные грунты [3]. При этом каналы всех типоразмеров имеют различное заложение откосов, что влияет на устойчивость откосов каналов при выполнении технологического процесса строительства канала двухфрезерным каналокопателем.

Как следует из обзора аналогов зарубежных и отечественных каналокопателей максимальная глубина канала при строительстве которого, может быть использован двухфрезерный каналокопатель является 1,6–1,7 м.

Для определения рациональных параметров и режимов работы двухфрезерного каналокопателя принимаем параметры канала:

- глубина канала 1,6 м;
- угол заложение откосов 1,0;
- ширина дна канала 0,3 м.

К основным параметрам и режимам работы двухфрезерного каналокопателя относятся геометрические параметры рабочих органов, количество режущих и транспортирующих элементов, линейная скорость, направление и скорость вращения рабочих органов.

Направление вращения фрез принимаем прямым во избежание забрасывания разработанного грунта в отрываемый канал и для уменьшения мощности на трение между откосом канала и рабочим органом.

Окружная скорость фрез должна обеспечивать выемку и разброс грунта по обе стороны прокладываемого канала на расстояние, достаточное для размещения его равномерным слоем средней толщины 0,10–0,20 м. При такой толщине в канал могут попадать поверхностные воды, и слой такой толщины может быть разработан почвообрабатывающими сельскохозяйственными машинами.

Необходимую дальность разбрасывания грунта двухфрезерным каналокопателем определяем из условия равенства площади поперечного сечения канала и поперечных площадей разбрасываемого грунта с учетом его разрыхления в процессе разработки (рис. 1).

$$S_k \cdot K_p = S_{cl}, \quad (1)$$

где S_k – площадь поперечного сечения канала, м²;

K_p – коэффициент разрыхления;

S_{cl} – площадь поперечного слоя грунта, м².

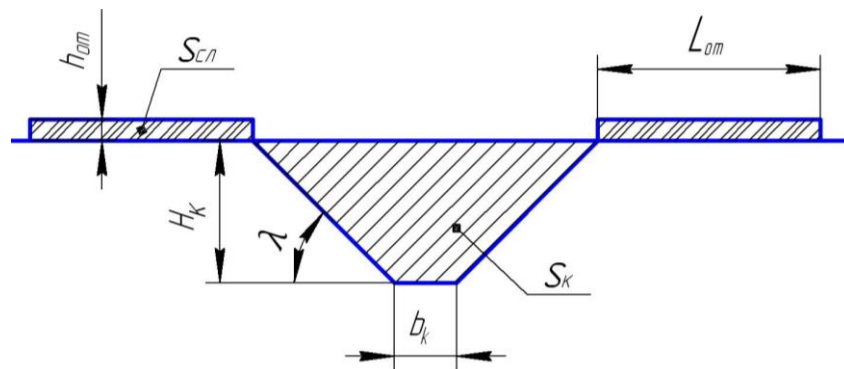


Рис. 1. Схема к определению дальности отбрасывания грунта двухфрезерным каналокопателем

Площадь поперечного сечения канала, и площадь поперечного сечения разбрасываемого грунта можно выразить из формулы

$$(2b_k + 2H_k \operatorname{ctg} \lambda) H_k K_p / 2 = 2 l_{om} h_{om}, \quad (2)$$

где b_k – ширина канала по дну, м;

H_k – глубина канала, м;

λ – угол наклона откоса канала к горизонту, град;

l_{om} – длина слоя грунта, м;

h_{om} – толщина слоя грунта, м.

Площадь поперечного сечения разбрасываемого грунта будет равна

$$S_k = (b_k + H_k \operatorname{ctg} \lambda) H_k, \quad (3)$$

Необходимая дальность разбрасывание грунта

$$l_{om} = (b_k + H_k \operatorname{ctg} \lambda) \cdot H_k \cdot k_p / 2h_{om}, \quad (4)$$

При инерционной разгрузке окружные скорости фрез должны находиться в пределах 8–13 м/с.

При окружной скорости рабочих органов менее 7 м/с не обеспечивается необходимая дальность разбрасывания и толщина разбрасываемого слоя велика. Кроме того, следует учитывать, что для чистого среза растительности и древесины необходимы окружные скорости порядка 10–12 м/с [4]. При увеличении $v_{окр}$ свыше 15 м/с сильно возрастает сопротивление воздуха разбрасываемому грунту, поэтому принимаем $v_{окр}=15$ м/с. При проектировании каналокопателей необходимо, чтобы рабочий орган имел регулируемую скорость для обеспечения высокопроизводительной работы в различных грунтах. Для нарезания осушительных каналов в торфяных грунтах следует принимать верхние пределы $v_{окр}$, так как при этом высокие скорости не вызывают повышенного изнашивания режущих элементов.

Основным рабочим органом двухфрезерного каналокопателя является фреза. Диаметр фрезы по концам ножей должен быть таким, чтобы обеспечить необходимый угол разгрузки θ . Угол разгрузки выбирается с таким расчетом, чтобы грунт, выбрасываемый лопаткой, не попадал обратно в канал. Это условие выполняется при $\theta = 50^\circ - 65^\circ$ [4]. Разгрузка начинается в точке B (рис. 2), когда наружная кромка лопатки подходит к бровке, и заканчивается в верхней точке C .

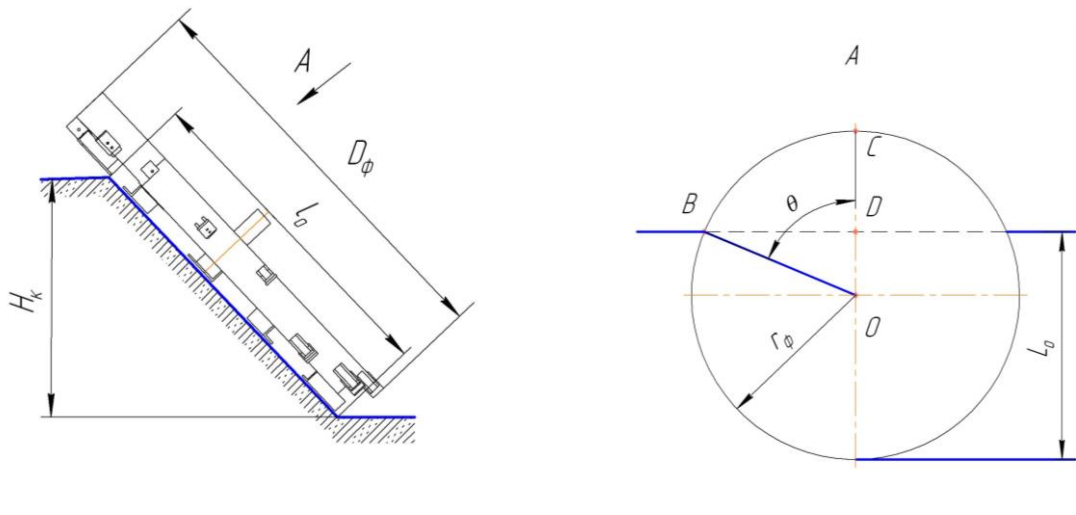


Рис. 2. Схема к определению диаметра фрезы

Необходимый диаметр фрезы определим из треугольника OBD . На основании рисунка 2 запишем

$$l_o - r_\phi = r_\phi \cdot \cos \theta, \quad (5)$$

где l_o — длина откоса, м;

r_ϕ — радиус рабочих органов, м.

Отсюда

$$r_\phi = l_o / (1 + \cos \theta), \quad (6)$$

$$l_o = H_k / \sin \lambda, \quad (7)$$

Тогда

$$r_\phi = H_k / [(1 + \cos \theta) \sin \lambda], \quad (8)$$

Тогда диаметр фрезы будет равен

$$D_{\phi} = 2r_{\phi}, \quad (9)$$

Число ножей определяем таким, чтобы обеспечить подачу на нож для минеральных грунтов, равную 4 - 8 и для торфяных грунтов — 6-10 мм [4].

Определим шаг ножей

$$T_n = \pi D_{\phi} / z_n, \quad (11)$$

где z_n — число ножей, шт.

Подачу на нож определяется по формуле

$$c = v_n T_n / g_{окр} = \pi D_{\phi} \Pi_T / (v_{окр} S_k z_n), \quad (12)$$

где Π_T — техническая производительность двухфрезерного каналокопателя, м³/с;

S_k — площадь поперечного сечения канала, м².

Тогда требуемое число ножей определяем из выражения

$$z_n = \pi D_{\phi} \Pi_T / (v_{окр} S_k c), \quad (13)$$

Ширина ножей b_n должна быть менее 0,08 м, так при увеличении b_n до 0,08 м усилие резания растет, а удельное сопротивление снижается, затем остается практически постоянным [5].

Ширину фрезы можно определить по формуле

$$b_{\phi} = D_{\phi} / (15...20), \quad (15)$$

Принятое значение b_{ϕ} должно удовлетворять условию размещения фрез на дне канала (рис. 3).

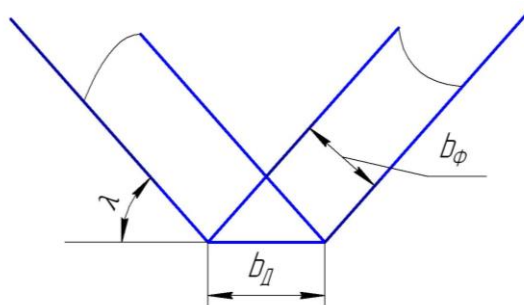


Рис. 3. Схема размещения фрез на дне канала

Края фрез не будут соприкасаться, если выполняется данное условие

$$b_{\phi} \leq b_k / (2 \sin \lambda), \quad (16)$$

Геометрия режущей части ножей показана на рисунке 4.

Положение ножа и величина угла отклонения α от радиального направления влияют на скорость перемещения грунта вдоль лопатки. На частицу грунта действуют центробежная сила $F_{ц}$, сила тяжести G , сила Кориолиса F_k сила трения $F_{тр}$ (рис. 4).

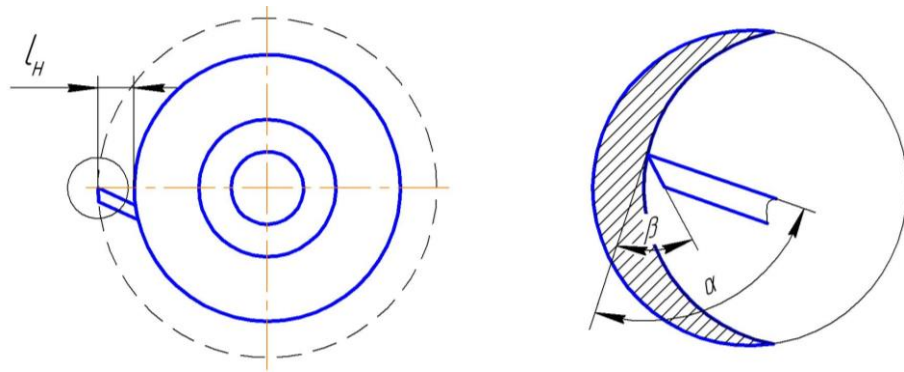


Рис.4. Геометрия режущей части ножа

Как следует из схемы сил (рисунок 5), с увеличением α уменьшается сила трения грунта по лопатке, повышаются скорость перемещения, скорость трения грунта по лопатке, повышаются скорость перемещения, скорость выброса и дальность отбрасывания, т.е. улучшается транспортирующая способность рабочих органов и уменьшается энергоемкость процесса заземления грунта между лопаткой и поверхностью забоя. Поэтому принимаем для фрезерных рабочих органов с большим диаметром, предназначенных для рытья каналов глубиной свыше 1,5 м, фрезы с углом отклонения от радиального направления $\alpha = 20...30^\circ$ [5].

Ширина лопаток b_L принимается меньше ширины ножей и рассчитывается по формуле

$$b_L = b_H - 0,02, \quad (17)$$

При известной ширине лопаток b_L , длину их определяют из условия обеспечения заданной производительности по выносной способности, т. е. при известных размерах лопатки b и α , число лопаток Z_L , угловой скорости фрезы ω должен быть обеспечен выброс разрыхленного грунта, поступающего на лопатки. Число лопаток Z_L принимаем равным числу ножей в одном ряду (рис.5).

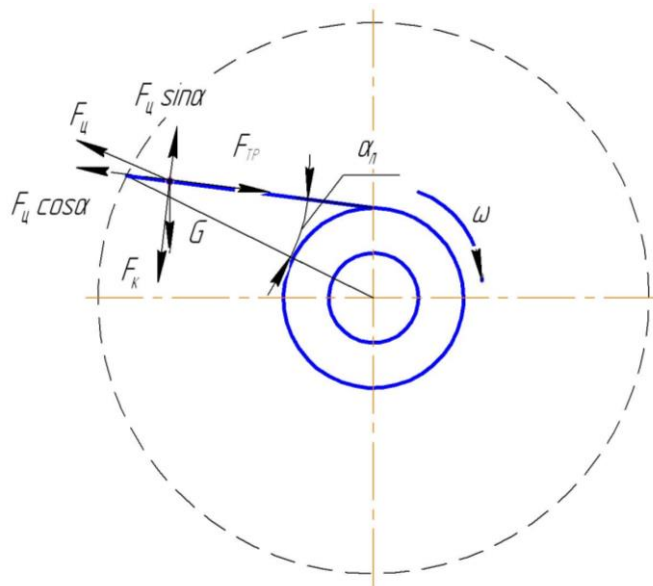


Рис. 5. Схема сил, действующая на грунт, расположенный на лопатке

При этом лопатки должны обеспечивать производительность Π_L , которая определяется по формуле

$$\Pi_L = \Pi_T - \Pi_H, \quad (18)$$

где Π_T —техническая производительность, обеспечиваемая ножами одной фрезы, м³/ч;
Производительность лопатки по выносной способности определим следующим образом

$$\Pi_L = S_{\text{ср}}^L \cdot v_{\text{цт}} \cdot k_n / k_p, \quad (19)$$

где $S_{\text{ср}}^L$ —площадь поперечного сечения в радиальном направлении грунта, находящегося между лопатками фрезы, м²;

$v_{\text{цт}}$ —окружная скорость центра тяжести сечения грунта.

В приведенную формулу подставим значение $S_{\text{ср}}^L$ и $v_{\text{цт}}$

$$\Pi_L = b_L \cdot l_L \cos \alpha_L \omega \cdot [r_L - (l_L \cos \alpha_L) / 3] k_n / k_p. \quad (20)$$

Преобразуя данное выражение, получим

$$(l_L^2 \cdot b_L \cos^2 \alpha_L \omega \cdot k_n / 3k_p) - (l_L \cdot b_L \cos \alpha_L \omega \cdot k_n / 3k_p) + \Pi_L = 0. \quad (21)$$

При этом Π_L можно найти из выражения

$$\Pi_L = \Pi_T - S_k \cdot v = \Pi_T - 2H_k b_n v_n / \sin \lambda. \quad (22)$$

Скорость рабочего передвижения v_n рассчитывается по формуле

$$v_n = \frac{\Pi_T}{S_k}, \text{ м/с}, \quad (23)$$

В результате расчетов, основанных на конструктивных параметрах прокладываемого канала, обоснованы рациональные параметры и режимы работы двухфрезерного каналокопателя, обеспечивающего прокладку и формирование требуемого профиля мелиоративного канала, выражающиеся в следующих показателях:

а) конструктивные параметры рабочих органов двухфрезерного каналокопателя:

- диаметр рабочего органа по концам ножей $D_\phi = 3$ м;
- ширина рабочего органа $b_\phi = 0,2$ м;
- число ножей на рабочем органе $Z_n = 6$ шт;
- число лопаток $Z_L = 6$ шт;
- ширина лопатки $b_L = 0,06$ м;
- длина лопатки $l_L = 0,28$ м.

б) режимы работы двухфрезерного каналокопателя:

- окружная скорость рабочего органа $v_{\text{окр}} = 15$ м/с;
- угловая скорость рабочего органа $\omega = 10$ с-1;
- номинальная скорость рабочего передвижения $v_n = 0,064$ м/с.

Заключение

В результате приведенной работы обоснованы рациональные параметры и режимы работы двухфрезерного каналакопателя, обеспечивающего прокладку и формирование профиля мелиоративного канала заданными параметрами. Полученные результаты позволят обеспечить техническую производительность двухфрезерного каналакопателя около 700 м³/ч.

Список использованных источников

1. Постановление Совета Министров Республики Беларусь 11 марта 2016 г. № 196 о государственной программе развития аграрного бизнеса в республике Беларусь на 2016–2020 годы и внесении изменений в постановление совета министров республики Беларусь от 16 июня 2014 г. № 585.
2. Жилина, Г.А. Исследование технологического процесса очистки каналов мелкой осушительной сети. Диссертация. – Минск, 1953. –110 с.
3. Сергеев, Е.М. Грунтоведение / Е.М. Сергеев. – Москва, 1959. –335 с.
4. Мажугин, Е. И. Мелиоративные машины. Основы теории и расчета: учеб. пособие/ Е.И. Мажугин, А.Н. Карташевич. – Горки : БГСХА, – 2008. –160 с.

А.Н. Юрин, В.В. Викторovich
*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь*

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ КОМПЛЕКСА УБОРКИ ВЕТОК И ШИРИНЫ ЗАХВАТА ВАЛКОВАТЕЛЯ

В данной статье представлено обоснование конструктивно-технологической схемы комплекса уборки веток плодовых деревьев КУВ-1,8 и ширины захвата валкователя.

Ключевые слова: испытания, агрегат самоходный, уборка плодов, обрезка деревьев, конвейер, экономическая эффективность, агротехнические требования.

A.N. Yurin, V.V. Viktorovich
*RUE "SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization",
Minsk, Republic of Belarus*

JUSTIFICATION OF THE CONSTRUCTION AND TECHNOLOGICAL SCHEME OF THE COMPLEX FOR HARVESTING OF CIRCUITS AND WIDTH OF GRIPPING OF THE ROLLER

This article presents the substantiation of the structural and technological scheme of the complex for harvesting branches of fruit trees KUV-1.8 and the swath width of the rake

Keywords: tests, self-propelled unit, harvesting fruits, tree pruning, conveyor, economic efficiency, agrotechnical requirements.

Введение

При обрезке деревьев в саду образуется большое количество древесных отходов. Их масса, в зависимости от сорта насаждений и возраста, может составлять от 5 до 20 т/га.

В предыдущей главе было рассмотрено, что машины для измельчения веток в саду имеют ширину захвата 1,5–2,0 м, что меньше ширины междурядий садов, в связи с чем они вынуждены совершать 2 прохода по междурядью с целью измельчения ветвей у штамбов левого и правого рядов деревьев (рис. 1). Для этой цели у подобных машин имеется гидрофицированный механизм, позволяющий смещать раму машины относительно продольной оси трактора (или направления движения агрегата).

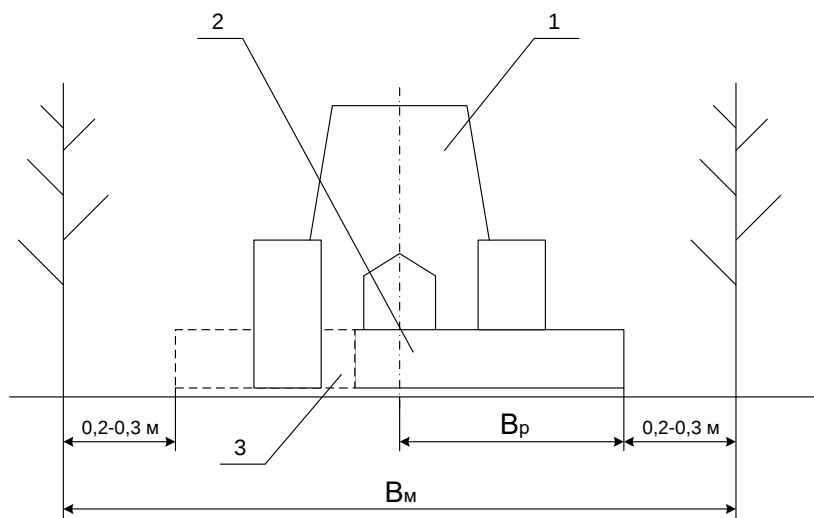


Рис. 1 – Схема работы измельчителя в саду
1 – трактор; 2 – измельчитель ветвей, смещенный вправо;
3 – измельчитель ветвей, смещенный влево

Такая технология уборки веток имеет ряд недостатков:

- повышенный расход топлива вследствие двухкратного прохода по саду;
- низкая производительность труда, вызванная тем, что механизатор вынужден вести измельчитель на расстоянии 20–30 см от штамба дерева, что приводит к неполному измельчению ветвей.

В результате процесс механизированной уборки веток приходится дополнять ручным трудом по сгребанию веток из приштамбовой полосы. Особенно актуальной данная проблема становится при обрезке деревьев, осуществляемой с платформ. В междурядье сада располагается платформа, а большая часть веток сбрасывается непосредственно в приштамбовую полосу.

Очевидно, что для решения данной задачи необходимо средство механизации, обеспечивающее сгребание обрезанных веток и формирование валка в междурядьях сада. При этом очевидно, что данную операцию предпочтительно осуществлять одновременно с измельчением, чтобы снизить количество проходов по саду. Для этого необходимо размещать валкователь ветвей в передней части энергосредства, а измельчитель – в задней (рис. 2).

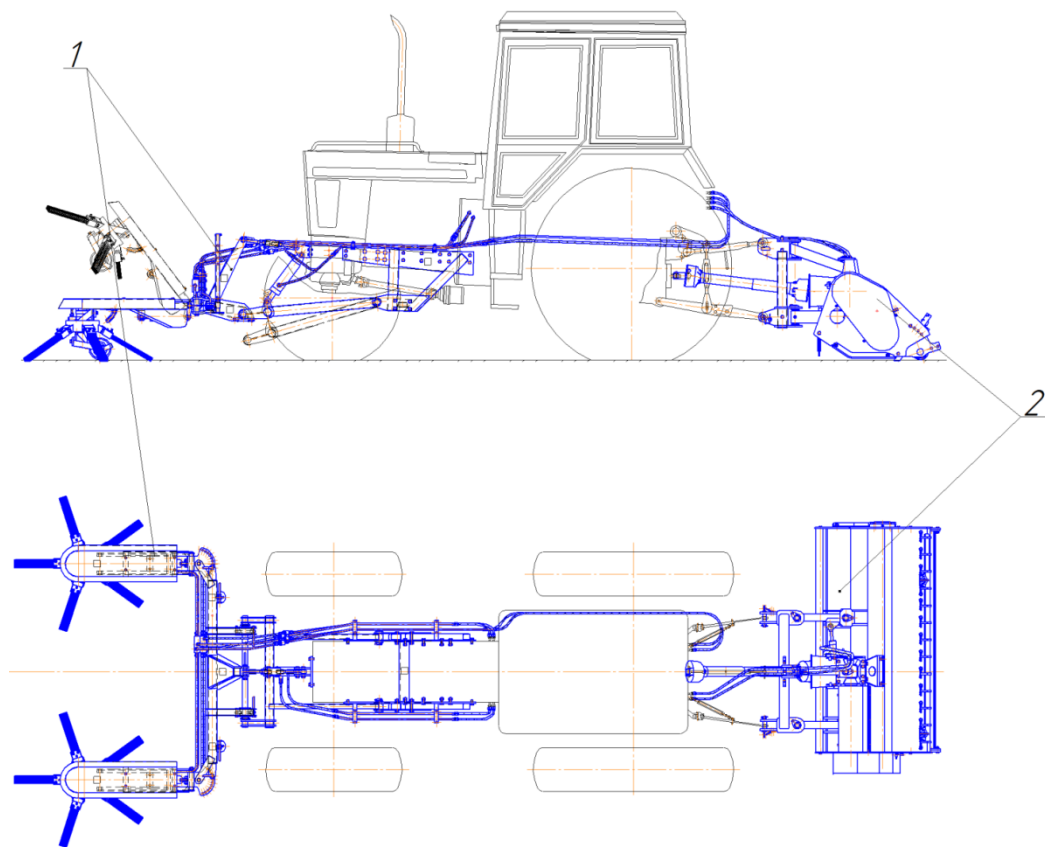


Рис. 2 – Схема размещения валкователя и измельчителя на тракторе

1 – валкователь; 2 – измельчитель

По степени плотности посадки сады различают на экстенсивные (на 1 га размещено до 400 деревьев), полуинтенсивные (до 1000 деревьев на 1 га) и интенсивные (более 1000 деревьев на 1 га). Современные сады Беларуси относятся к интенсивным I и II типов (табл. 1).

Т а б л и ц а 1. – Основные составляющие разных типов интенсивных садов яблони в республике Беларусь

Элементы конструкций	Типы интенсивных садов	
	I	II
Плотность размещения деревьев, шт./га	1100-2200	Более 2200
Схема посадки, м	4-4,5x1-2	3-4,5x0,5-1

Таким образом, ширина междурядий современных интенсивных садов составляет 3–4,5 м. Очевидно, для предотвращения повреждения штамбов деревьев валкователь должен быть оборудован рабочими органами, не способными повредить кору насаждений при их контакте. Следовательно, ширина захвата валкователя веток должна изменяться в пределах $B_в = B_м = 3–4,5$ м.

Очевидно, что узел валкователя должен состоять из двух щеток с вертикальной осью вращения, осуществляющих вращение в противоположные стороны. Это позволит осуществить сгребание ветвей одновременно с обоих рядов насаждений в центральный проход междурядья.

Диаметр рабочего органа валкователя зависит от ширины междурядий сада. Ранее установлено, что ширина междурядий современных интенсивных садов составляет 3–4,5 м. Таким образом, диаметр рабочего органа валкователя должен составлять:

$$D_в = \frac{B_м - B_и}{2}, \quad (1)$$

где $B_м$ – ширина междурядий сада, м;

$B_и$ – ширина захвата измельчителя, м.

Ширина измельчителя зависит от мощности энергетического средства, которое приводит его в движение. Экспериментальным путем установлено, что для садовых тракторов Беларусь-921 и наиболее распространенного в Республике МТЗ-80/82, зачастую используемого в садоводстве, рабочая ширина измельчителя составляет 1,7–1,9 м.

Таким образом, для садов интенсивного типа диаметр валкователя должен составлять:

$$D_в = \frac{(3...4,5) - (1,7...1,9)}{2} = 0,55 - 1,4 \text{ м.}$$

Очевидно, при проектировании рабочего органа необходимо выбрать наибольшее значение для обеспечения выполнения технологического процесса сгребания веток при ширине междурядий 4,5 м.

Таким образом, $D_в$ должен иметь диаметр 1,4 м.

Список использованных источников

- 1 Самощенко, Е.Г. Плодоводство: Учебник для нач. проф. образования / Е.Г. Самощенко, И.А. Пашкина. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 320с.
2. Техника для растениеводства / – М. : ФГНУ, 2007. – 236 с.

А.Н. Юрин, В.К. Клыбик*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь*

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ОБРЕЗАННЫХ ВЕТОК В САДАХ

В данной статье приведен анализ технологий и технических средств для утилизации обрезанных веток в садах интенсивного типа.

Ключевые слова: сады интенсивного типа, измельчитель веток, дисковые и барабанные рабочие органы, измельчительные молотки, противорежущие пластины, срезанные ветки, щепа.

A.N. Yurin, V. K. Klybik*RUE "SPC NAS of Belarus for the mechanization of agriculture",
Minsk, Republic of Belarus*

ANALYSIS OF TECHNOLOGIES AND TECHNICAL MEANS FOR DISPOSAL OF CUTTED BRANCHES IN GARDENS

This article provides an analysis of technologies and technical means for the disposal of trimmed branches in intensive type gardens

Keywords: intensive-type gardens, branch shredder, disk and drum working bodies, grinding hammers, anti-platinum, cut branches, wood chips.

Введение

В настоящее время в Беларуси в сельскохозяйственных организациях и КФХ возделывается 34,3 тыс. га садов [1].

Важным агротехническим приемом ухода за плодовыми насаждениями является обрезка деревьев. Она влияет на урожайность возделываемых насаждений, качество плодов и периодичность плодоношения. Отличительной чертой данной операции является то, что после её осуществления в междурядьях сада остаются отходы обрезки – срезанные ветки. В зависимости от конструкции насаждения и его возраста объем срезаемых ветвей достигает 3–28 т/га [2].

Такое количество отходов требует проведения технологических операций по их утилизации. Поэтому проблема утилизации и рационального использования отчуждаемой плодовой древесины является актуальной.

Технологии утилизации срезанных веток

В настоящее время существуют различные технологии утилизации обрезанных веток в саду (рис. 1).

Первый способ уборки заключается в собирании сучьев рабочими вручную с погрузкой в транспортное средство,двигающееся непосредственно по междурядью, и вывозу сучьев за пределы сада с последующим их сжиганием. Этот способ очень трудоемкий и малопроизводительный. Кроме того, при погрузке и разгрузке возможно травмирование людей.

Более производительным является технология механизированной уборки веток без их измельчения. При этом формируется валок обрезанных веток посередине междурядий, после чего осуществляется сволокивание ветвей из междурядий волокушей или граблями (типа В-2,5М и СВ-1 рис. 2, рис. 3) и сбор ветвей в кучу за пределами сада с последующим сжиганием.

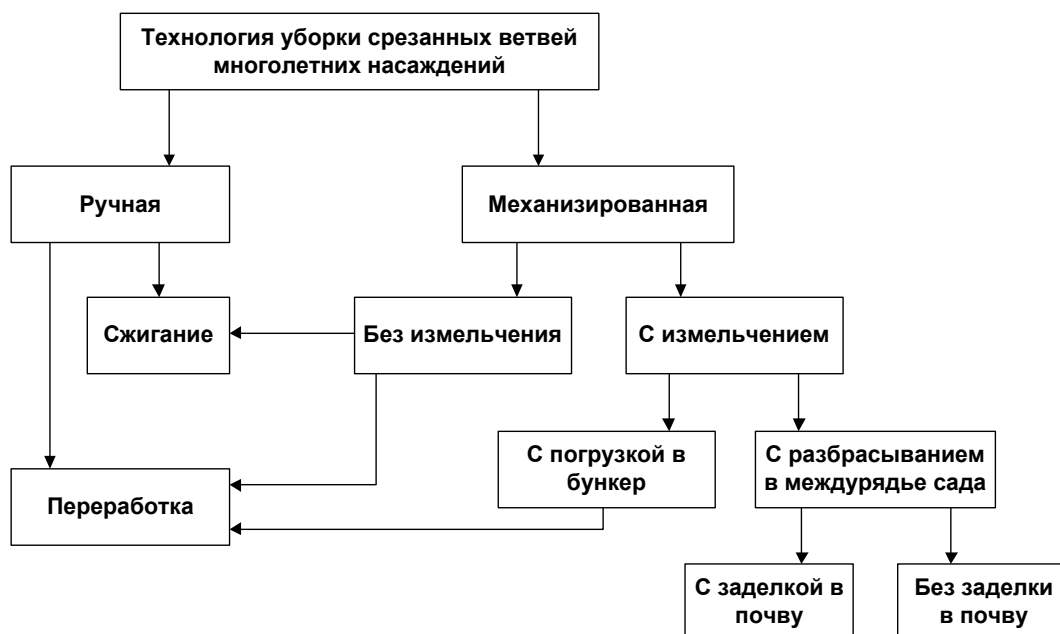


Рис. 1 – Классификация технологий уборки срезанных ветвей многолетних насаждений

Эта технология обладает рядом недостатков. При сволокивании сучьев из междурядий они накапливаются в рабочем объеме волокуши, выходят за ее пределы и, цепляясь за деревья, срывают плодовые почки и ломают ветви, что приводит к ежегодным потерям урожая, достигающим 56-140 кг/га [3].

Недостатком также является нерациональное использование плодовой древесины – сжигание, которое приводит к загрязнению окружающей среды.

С каждой тонны сожженных веток в воздух выделяется 2–3 кг оксида углерода, 0,2 кг диоксида серы и других вредных веществ. Это оказывает токсичное действие на природную экосистему и здоровье человека. При этом, кроме загрязнения окружающей среды, происходит выжигание почвы. Из сельскохозяйственного оборота изымается до 2 % плодородной почвы [2].



Рис. 2 – Волокуша садовая (В-2,5М)



Рис. 3 – Машина для сбора срезанных ветвей СВ-1

Существуют технологии механизированной уборки веток с измельчением. Измельченная щепа может быть загружена в транспортное средство для транспортировки на перерабатывающее предприятие (когда целью технологии является получение технологической щепы) или оставлена в саду.

Для технологии утилизации веток с переработкой используются стационарные, позиционные и передвижные измельчители.

Стационарные измельчители работают следующим образом:

- собранные сучья вручную подаются в приемную камеру измельчителя;
- масса поступает к рабочему органу;

- после чего щепа отправляется на дальнейшую переработку.

Наиболее распространенным рабочим органом таких машин являются дисковые или барабанные измельчители.

Подобная техника предназначена для измельчения низкокачественной древесины на технологическую щепу для целлюлозно-бумажной промышленности [4–5]. Основным узлом таких машин является рубящий механизм, состоящий из ротора; диска, который установлен под углом к горизонтальной плоскости или вертикально; кожуха и загрузочного патрона.

Производство освоено на АО «Михневский РМЗ» (РФ) (рис. 4) [4].



Рис. 4 – Стационарный измельчитель веток АО «Михневский РМЗ»



Рис. 5 – Позиционный измельчитель веток АО «Михневский РМЗ»

Фирма Agral (Украина), производит широкий спектр измельчителей ветвей с производительностью от 2 до 12 м³/ч и приводом от бензинового двигателя, электродвигателя (рис. 6) или ВОМ трактора [5].

Диаметр измельчаемых ветвей от 80 до 160 мм.



Рис. 6 – Стационарный измельчитель ветвей фирмы Agral модели AM 120Ш

Позиционные измельчители

Позиционные измельчители работают в агрегате с трактором и приводятся от вала отбора мощности. При работе таких машин агрегат переезжает к месту работы, где в измельчитель, вручную, подается древесина. После окончания работы трактор переезжает на новую площадку и цикл работы повторяется.

Такие машины по своей конструкции идентичны стационарным измельчителям: оборудованы дисковыми или барабанными рабочими органами (рис. 5).

Передвижные измельчители

Передвижные машины нашли наибольшее распространение. Их применение позволяет повысить производительность труда и снизить затраты труда при проведении технологической операции измельчения веток. По способу агрегатирования такие машины могут быть прицепные, полуприцепные и самоходные.

Фирма Morbark (Канада) производит передвижные измельчители веток с приводом от мотор-редуктора [6].

Отличительной особенностью измельчителей данной компании является наличие в линейке техники измельчителей на гусеничном ходу с приводом измельчителя от собственного двигателя внутреннего сгорания мощностью до 145 л.с. (рис. 7).



Рис. 7 – Передвижной измельчитель Morbark Beever M12R Track

Технология переработки утилизируемой щепы накладывает ограничение, связанное с дальнейшей работой, так как промышленное производство должно вестись круглый год, тогда как место насаждения плодовых деревьев должно быть освобождено от отходов обрезки в течение 2-4 месяцев [3]. Поэтому для равномерной круглогодичной загрузки перерабатывающего предприятия собранная масса ветвей должна складироваться. Однако хранение древесной массы в виде технологической щепы осложняется её склонностью к самовозгоранию.

Более рациональной с этой точки зрения является технология измельчения сучьев непосредственно при движении по междурядью сада с заделкой щепы в почву.

Современные машины для реализации указанной технологии принято разделять на работающие над поверхностью почвы и работающие в заглублённом состоянии.

Так донецкой опытной станцией садоводства предложена схема машины (SU №1338808 (рисунок 8) [3] измельчающей растительный материал с поверхностью почвы без предварительного подбора. Машина работает следующим образом. При движении ротор 2 своими ножами 3 подхватывает материал. Подхваченный ножами 3 материал измельчается нижними ножами 9. Почти весь подхваченный материал посредством воздушного потока поступает в пространство между ротором 2 и кожухом 4.

Выброшенный из отверстия 5 растительный материал при взаимодействии с гребенкой, образованной серповидными зубьями 7. Мелкие частицы проходят между пластинами гребенки и осыпаются на почву за машиной, крупные частицы соскальзывают с гребенки на скатную доску 10 и далее в зону действия ножей 13 и дополнительного противорежущего ножа 9 на доизмельчение.

За рубежом машины для этих целей, отличающиеся по своим конструктивным особенностям, выпускаются различными фирмами. Примером подобного вида измельчителей может служить машины для мульчирования SM 285 и Ximus, выпускаемые в ФРГ [3]. Помимо основного назначения успешно применяются и для измельчения срезанных сучьев.

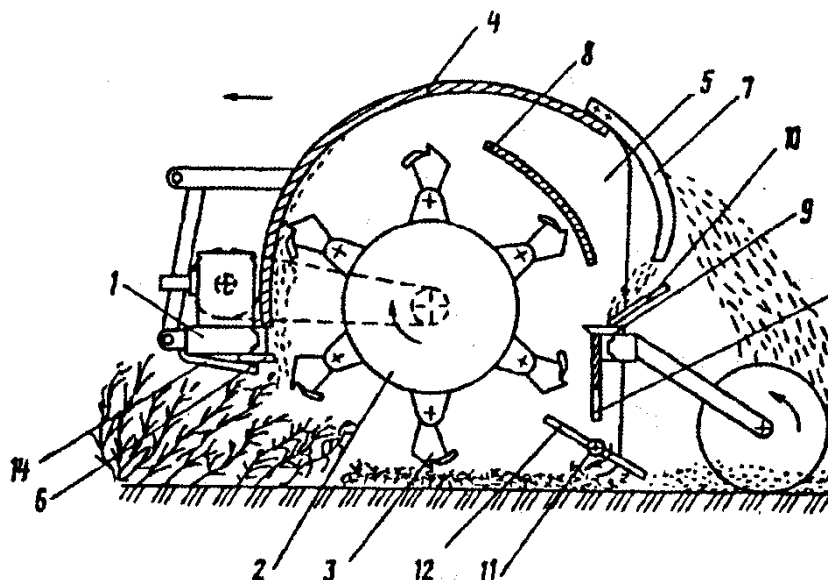


Рис. 8 – схема измельчителя веток а/с №1338808

1 – рама; 2 – ротор; 3 – ножи; 4 – кожух; 5 – отверстие; 6 – противорежущий нож; 7 – гребенки; 8 – перегородка; 9 – дополнительный противорежущий нож; 10 – скатная доска; 11 – вал подборщика; 12 – гибкие вальцы подборщика; 13 – вырезы в кожухе; 14 – редуктор

Измельчающий аппарат машины Willibald SM 285 имеет ударные ножи, установленные радиально на горизонтально вращающемся полом валу.

У машины Хитус измельчающий аппарат состоит из трех дисков вращающихся вокруг вертикальных осей, на каждом диске шарнирно закреплены четыре ножа специальной формы, заточенных по внешней кромке. Измельчающие аппараты указанных машин должны находиться на высоте 6–8 см от поверхности почвы.

В Италии фирмой Нобиле выпускается измельчитель Futura. Машина имеет несколько модификаций, отличающихся друг от друга шириной захвата, потребной мощностью на привод и производительностью труда. Рабочий орган измельчителя представляет собой горизонтальный вал с шарнирно закрепленными ножами [3].

Во ВНИИ садоводства им. Мичурина разработаны и проведены лабораторно-полевые исследования макетных образцов машин с двумя типами измельчающих рабочих органов [3].

Основными узлами машин (рис. 9 и рис. 10) являются рама с прицепным устройством 1, механизм привода 2, дисковый измельчающий барабан с противорежущими пластинами 3, молотковый измельчающий барабан 4, ножевой измельчающий барабан 6.

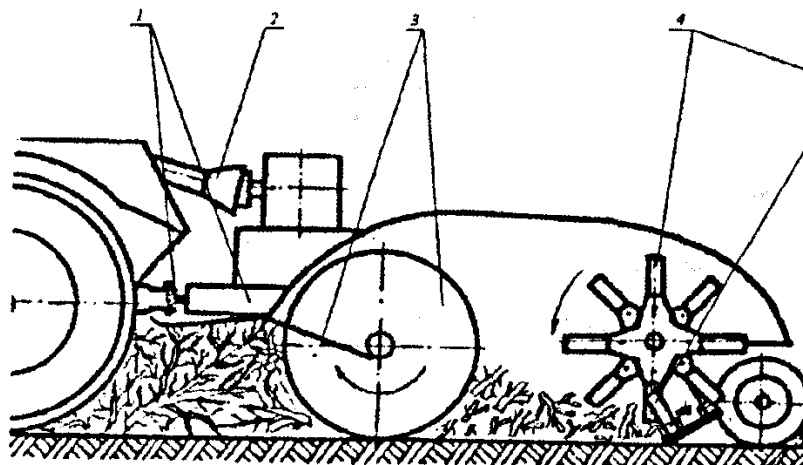


Рис. 9 – Схема машины с дисковым рабочим органом

1 – рама; 2 – механизм привода от ВОМ; 3 – дисковый измельчающий барабан; 4 – молотковый барабан

Технологический процесс подбора и измельчения обрезков осуществляется следующим образом. При движении дисковый барабан измельчителя разрезает массу сучьев и подает её на

ножевой измельчающий барабан, где масса измельчается и попадает на поверхность почвы междурядья сада.

Отличительной особенностью конструкции с ножевым барабаном (рис. 10) является то, что обрезки сучьев подхватываются ножами измельчающего барабана и измельчаются на предварительные фракции, после чего битей, с помощью ребристой поверхности подает массу к молотковому барабану.

Полнота подбора обрезков сучьев измельчителем с дисковым барабаном находится в пределах 73 %, измельчителем с ножевым барабаном – 95 %.

Для реализации технологии утилизации обрезанных веток в междурядье сада с измельчением и заделкой растительных остатков при СССР были разработаны и освоены в производстве машины для расчистки закустаренных земель.

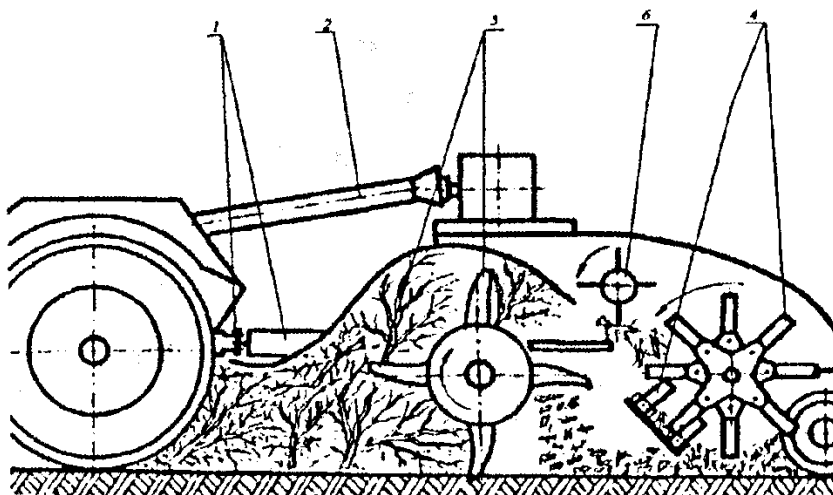


Рис. 10 – Схема машины с барабанным рабочим органом
1 – рама; 2 – механизм привода ВМ; 4 – молотковый барабан; 5 – молотковый барабан; 6 – битей

При фрезеровании почвы засоренной кустарником получили распространение цилиндрические фрезы с горизонтальной осью вращения.

Наиболее часто для этих целей применяются машины МТП-42А, ФКН-1,7, «Дредноут», Samson фирмы Weremczuck [7]. Принцип действия машины заключается в следующем: фреза, вращаясь с большой окружной скоростью, заглубляется в почву на заданную глубину обработки. При движении агрегата основная масса древесины измельчается путем фрезерования верхнего слоя почвы. Обработанный слой почвы прикатывается катком. Такие машины агрегируются с гусеничными тракторами класса 3 и более.

Фрезерные машины измельчают кустарник на щепу длиной 20–70 мм. При этом до 35 % измельченной щепы имеет длину 20 см и более.

Корчеватель корневой системы кустарников Samson фирмы Weremczuck изготавливается шириной захвата 0,48 м, 0,6 м и 0,85 м для агрегатирования с тракторами мощностью 60, 80 и 100 л.с. соответственно (рис. 11). Рабочая глубина обработки регулируется в диапазоне 16–20 см.

При этом для расчистки почвы от многолетних насаждений такие машины используются в комплексе с машинами для срезания кустов Berta (рис. 12), которые осуществляют срезание кустов [7].



Рис. 11 – Корчеватель корневой системы многолетних насаждений Samson фирмы Weremczuck



Рис. 12 – Машина для срезания кустов Berta фирмы Weremczuck

Положительным аспектом применения данной технологии является использование обрезанной биомассы для повышения плодородия почвы в садах.

Исследования И.А. Гинтова, К.Н. Преображенского [3] показали, что при освоении закустаренных земель методом прямой заделки кустарника разложение его происходит в течение 2–4 лет, а перегнившие древесные остатки повышают плодородие и улучшают её структуру, обогащая гумусом, способствующим активной деятельности микрофлоры. Однако, во время разложения запаханые древесные остатки снижают урожайность сельскохозяйственных культур. Это объясняется содержанием в древесине смол и танидов. Поэтому, попытки применения технологии в садах на сильнорослых подвоях привели к снижению урожайности плодовых деревьев, в результате чего от нее отказались.

Другая картина наблюдается в садах на слаборослых подвоях, там, где корневая система деревьев практически полностью находится в радиусе 1 м от штамба [3]. Свободная часть междурядья, предназначенная для передвижения садовой техники, остается чистой от корней, благодаря чему угнетающий эффект разложения не влияет на плодоношение насаждений [3].

Другой положительной стороной применения данной технологии является возможность совмещения операции утилизации срезанных ветвей с осенней обработкой почвы [4].

Положительные отзывы по применению данной технологии при освоении закустаренных земель представлены в работах А.М. Лопатина, А.С. Мирохина в которых обоснована и доказана её экономическая и экологическая эффективность [3].

Недостатком данной технологии является высокая энергоемкость работы, связанная с фрезерованием верхнего слоя почвы и заделкой в неё измельченных остатков веток.

Технология измельчения сучьев непосредственно при движении по междурядью сада без заделки щепы в почву, применяется для получения мульчирующего эффекта от щепы.

Наиболее перспективными представляются машины производства Perfect (Голландия), Celli (Италия), Tehnos (Италия), Mega Metal (Хорватия) представлены на рис. 13.

Технологический процесс работы происходит следующим образом:

трактор, с навешенным на заднюю навеску измельчителем, заезжает в междурядье сада и переводит машину в рабочее положение. При этом для осуществления наиболее полного измельчения веток измельчитель посредством гидросистемы смещается относительно продольной оси трактора вправо (влево) на расстояние до 0,4 м.

При движении по междурядью ветки у приствольной полосы правого ряда попадают в приемное окно измельчителя и измельчаются посредством шарнирно закрепленных молотков, установленных на горизонтально вращающемся барабане.



а)



б)



в)



г)

Рис. 13 – Измельчители-мульчировщики

а – Technos MU 170 фирмы Tehnos (Италия); б – Dragon фирмы Weremczuk (ПП); в – KG 180 фирмы Perfect (Голландия); г – UM 180 фирмы Mega Metal (Хорватия)

Для обеспечения полного измельчения веток, на измельчителе установлены противорежущие ножи, которые препятствуют выходу из измельчителя веток до их полного измельчения.

После прохода по ряду, трактор разворачивается и осуществляет повторный проход для измельчения древесных отходов в приствольной полосе деревьев левого (правого) ряда.

Мульчирование почвы в междурядьях сада щепой срезанных веток способствует улучшению агрофизических свойств почвы:

- снижает ее объемную массу в слое 10 см на 10–13 %;
- увеличивает на 10 % водопроницаемость почвы (под мульчей складывается более благоприятный тепловой режим, где температура почвы увеличивается на 2,7–3 °C);
- снижает испарение влаги из почвы и увеличивает количество продуктивной влаги на 30–33 мм.

Мульчирование почвы в междурядьях обеспечивает повышение урожайности культур на 15,7–35,9 % [1], средней массы плода на 9,2–17,3 %; сокращению затрат труда до 142 чел. -час на га; получению экологически чистой продукции и снижению энергоемкости получения 1 кг плодов до 1,09–1,23 МДж; снижению потерь влаги в почве на испарение; исключению применения гербицидов.

Кроме того, отчужденная древесина вовлекается в круговорот веществ, исключаются негативные последствия для экологии.

Таким образом, очевидно, что использование технологии измельчения обрезанных веток непосредственно в междурядье сада является наиболее предпочтительной для агропроизводственных условиях республики Беларусь.

Вывод

Наиболее рациональной является технология и технические средства для измельчения обрезанных веток непосредственно в междурядье сада с мульчированием почвы измельченной щепой.

Список использованных источников

1. Сельское хозяйство Республики Беларусь. Статистический сборник./ Национальный статистический комитет Республики Беларусь, – Минск, 2019. – 235 с.
2. Рекомендации по утилизации и использованию отработанной биомассы садов и ягодников в Республике Беларусь: науч. – практ. изд. / РУП «Институт плодоводства; сост.: В.А. Самусь [и др.]. – Самохваловичи, 2011. – 24 с.
3. Ланцев, Ю.В. Совершенствование технологии утилизации отходов обрезки в слаборослых садах с обоснованием параметров измельчителя: Автореф. дис. ... канд. техн. Наук: 05.20.01. – Мичуринск, 2004. - 23 с.
4. Акционерное общество «Михневский ремонтно-механический завод» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mrmz.ru/> – Дата доступа: 29.07.2020.
5. Измельчитель веток Арпал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arpal.ua> – Дата доступа: 29.07.2020.
6. Brush chippers [Electronic resource]: Mode of access: <https://www.morbark.com/products/brush-chippers/> – Date of access: 17.07.2020.
7. Currant, aronia and raspberry roots shredder – Samson [Electronic resource]: Mode of access: <http://weremczukagro.com/en/products/root-shredder/?from=1316> – Date of access: 17.07.2020.
8. Berta bush cutter Samson [Electronic resource]: Mode of access: <http://weremczukagro.com/en/products/bush-cutter/?from=1306> – Date of access: 17.07.2020.
9. Flail mowers and shredders – Dragone [Electronic resource]: Mode of access: <http://weremczukagro.com/en/products/mower-flail-shredder-dragone-2//> – Date of access: 17.07.2020.
10. Косилка-измельчитель MU Profi (Tehnos) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.selagro.com/technics/id338> – Дата доступа: 29.07.2020.
11. Heavy duty flail pruning choppers - Series KG en KK [Electronic resource]: Mode of access: <https://vanwamel.nl/en/products/orchards-vineyards/pruning-choppers/134-kg-kk-heavy-duty-models> – Date of access: 17.07.2020.
12. Flail toppler UML 150 – UML 170 – UML 190 [Electronic resource]: Mode of access: <http://www.megametal.hr/en/products/flail-topper/> – Date of access: 17.07.2020.

СОДЕРЖАНИЕ

Д.И. Комлач, Н.Г. Бакач, Ю.Л. Салапура

**СОВРЕМЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ТЕХНИКА ДЛЯ
МЕХАНИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В
РАСТЕНИЕВОДСТВЕ.....**стр. 3–7

Д.И. Комлач, В.В. Голдыбан, А.С. Воробей, И.А. Барановский

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ КЛУБНЕЙ
КАРТОФЕЛЯ.....**стр. 8–14

Н.Д. Лепешкин, В.В. Мижурин, Д.В. Зубенко

**К ВЫБОРУ КОНСТРУКТИВНОЙ СХЕМЫ ДОЗИРУЮЩЕГО
УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ШИРОКОЗАХВАТНОЙ
СЕЯЛКИ С ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ ПОДАЧЕЙ
СЕМЯН.....**стр. 15–17

Н.Д. Лепешкин, В.В. Мижурин, Д.В. Зубенко

**К ОБОСНОВАНИЮ ТИПА ДОЗИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА К
ПЕРСПЕКТИВНЫМ ШИРОКОЗАХВАТНЫМ МАШИНАМ ДЛЯ
ПОСЕВА ЗЕРНОВЫХ И ДРУГИХ
КУЛЬТУР.....**стр. 18–23

П.П. Казакевич, С.Ф. Лойко, С.П. Колешко

**РУЛОНИРОВАНИЕ ЛЬНОТРЕСТЫ ПРИЦЕПНЫМИ И
САМОХОДНЫМИ
ПРЕСС-ПОДБОРЩИКАМИ.....**стр. 24–26

Д.И. Комлач, В.Н. Дашков, А.С. Воробей, М.Н. Трибуналов

**МЕТОДЫ И СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ
ПОВРЕЖДЕНИЙ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ** стр. 27–31

Л.В. Мисун, В.В.Азаренко, А.Л. Мисун, А.Л.Мисун

**ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА ОПЕРАТОРОВ
ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО
НАЗНАЧЕНИЯ** стр. 32–38

Н.Д. Лепешкин, В.В. Миурин, Д.В. Зубенко

**К ОБОСНОВАНИЮ КОНСТРУКТИВНОЙ СХЕМЫ
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ПЕРСПЕКТИВНЫХ
ШИРОКОЗАХВАТНЫХ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ СЕЯЛОК.....**стр. 39–43

Н.Д. Лепёшкин, В.В. Мижурин

**ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕ-ПОСЕВНОЙ АГРЕГАТ АПП – 9.
ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ И РЕЗУЛЬТАТЫ
ИСПЫТАНИЙ.....**стр. 44–48

Н.Д. Лепёшкин, В.В. Мижурин
**РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИЁМОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ ОПЫТНОГО
ОБРАЗЦА СЕЯЛКИ ПРЯМОГО ПОСЕВА
СПП-9.....стр. 49–52**

В.Н. Дашков, Л.В. Мисун, В.Л. Мисун
**К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ
ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ, ГЛАЗ И КОЖИ ПРИ
РАБОТЕ С ПЕСТИЦИДАМИ В
РАСТЕНИЕВОДЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ АПК.....стр. 53–57**

Е.И. Михайловский
**ФОРМИРОВАНИЕ РЕЗЕРВОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЗАТРАТ
МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ..... стр. 58–62**

Л.Г. Сапун, В.Н. Дашков, А.В. Ващула, И.И. Хилько, А.В. Захаров
**К ВОПРОСУ ЗАЩИТЫ ОТ КОРРОЗИИ ОБОРУДОВАНИЯ
ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ФЕРМ НА ОСНОВЕ СТЕКЛОЭМАЛЕВЫХ
ПОКРЫТИЙ..... стр. 63–68**

А.В. Дунаев, В.Е. Тарасенко, А.А. Жешко
**СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МАСЕЛ, КАК ОСНОВА
УГЛУБЛЕННОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ АГРЕГАТОВ
МАШИН..... стр. 69–76**

Л.Я. Степук, В.В. Микульский, П.П. Бегун
**ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ УСТАНОВКИ
НАКОПИТЕЛЬНЫХ ЕМКОСТЕЙ НА
ШИРОКОЗАХВАТНЫЕ ШТАНГОВЫЕ
РАСПРЕДЕЛИТЕЛИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ
ШНЕКО-КАТУШЕЧНОГО ТИПА стр. 77–85**

А.Н. Юрин
**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ
ВАЛКОВАТЕЛЯ ВЕТОК ПЛОДОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ..... стр. 86–94**

К.М. Рассошенко, П.П. Бегун
**ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ И КИНЕМАТИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ РАСПРЕДЕЛЯЮЩЕГО РАБОЧЕГО ОРГАНА К
МАШИНАМ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ И ВНЕСЕНИЯ
ПОЛУЖИДКОГО НАВОЗА МЕТОДОМ БОКСА-БЕНКИНА.....стр. 95–104**

В. В. Азаренко
**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ И
ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК..... стр. 105–108**

А.Н. Перепчаев, Е.Л. Жилич

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕНОСНОЙ УСТАНОВКИ АКТИВНОГО ВЕНТИЛИРОВАНИЯ ЗЕРНА И ЗЕРНОВОГО ВОРОХА ДЛЯ ХРАНЕНИЯ НА СКЛАДАХ АМБАРНОГО ТИПА И ПРИ ВРЕМЕННОМ ХРАНЕНИИ НА ПЛОЩАДКАХ..... стр. 109–114

Ф.М. Матмуродов, В.В. Голдыбан

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА ВОРОХА КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ В ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ..... стр. 115–118

А.Н. Перепчаев, Е.В. Кислов, В.П. Чеботарев, А.Д.Чечеткин, А.Н. Басаревский

ОБОСНОВАНИЕ УПРОЩЕННОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОТДЕЛЯЕМОСТИ ЛЬНОТРЕСТЫ..... стр. 119–122

В.В. Голдыбан, Г.А. Прокопович, М.И. Курилович, Л.А. Ходасевич

РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ МАКЕТНОГО ОБРАЗЦА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СОРТИРОВАЛЬНОЙ МАШИНЫ..... стр. 123–130

Э.В. Дыба, В.В. Микульский

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СЫРОМОЛОТОГО ДОЛОМИТА И ДЕФЕКТА ПРИ ИЗВЕСТКОВАНИИ ПОЧВ..... стр. 131–134

В.И. Передня, Е.Л. Жилич, А.А. Кувшинов, А.М. Злотник

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ЛЕГКОУСВОЯЕМОГО КОНЦЕНТРАТА.....стр. 135–139

В.К. Клыбик, П.П. Бегун, И.С. Пылило

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ДОЗИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ШТАНГОВОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА ДЛЯ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ стр. 140–145

А.Н. Антоненко, В.В. Голдыбан

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬ ЗЕРНОВЫХ КОРМОВ.....стр. 147–149

Э.В. Дыба, В.В. Микульский

ПРЕДПОСЫЛКИ К ИЗУЧЕНИЮ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕГО ОРГАНА СДВОЕННОГО ТИПА К КОЛЕСНО-ПАЛЬЦЕВЫМ ГРАБЛЯМ НА КАЧЕСТВО ВАЛКОВАНИЯ СКОШЕННЫХ ТРАВ.....стр. 150–154

А.Н. Юрин, А.В. Ващула

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ АГРЕГАТА САМОХОДНОГО УНИВЕРСАЛЬНОГО ДЛЯ СБОРА ПЛОДОВ И ФОРМИРОВАНИЯ

**КРОНЫ СЕМЕЧКОВЫХ КУЛЬТУР АСУ-6 И ЕГО
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ.....стр. 155–161**

А.В. Ленский, А.А. Жешко

**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОЦЕНКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ САМОХОДНЫХ И
СТАЦИОНАРНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ
СРЕДСТВ.....стр. 162–169**

А.Н. Юрин, А.В. Ващула

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ КОМПЛЕКСА КУВ-1,8 И ЕГО
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ.....стр. 170–176**

Д.И. Комлач, В.В. Голдыбан, И.А. Барановский

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСНОВНЫХ
ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ВЫСЕВАЮЩЕЙ
СИСТЕМЫ ПРИ ТОЧНОМ ВЫСЕВЕ СЕМЯН САХАРНОЙ
СВЕКЛЫ.....стр. 177–182**

Н.Ф. Капустин

БИОГАЗОВЫЕ УСТАНОВКИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ..стр. 183–186

Н.Ф.Капустин

**БИОГАЗОВЫЙ ЭНЕРГОПОТЕНЦИАЛ ПИЩЕВЫХ
ОТХОДОВ.....стр. 187190**

В.Е. Тарасенко, А.А. Жешко

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРАЦИИ ФОРСУНОК С ПОМОЩЬЮ
МНОГОКАНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ С ГИБКОЙ
СТРУКТУРОЙ.....стр. 191–197**

Н.Г. Бакач, В.И. Передня, Е.Л. Жилич, Д.В. Заяц, А.А. Кувшинов, В.Ф. Радчиков

**КОМПЛЕКТ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА
ЛЕГКОУСВОЯЕМОГО КОНЦЕНТРАТА НА ОСНОВЕ МЕСТНОГО
ЗЕРНОВОГО СЫРЬЯ ДЛЯ МОЛОДНЯКА
ЖИВОТНЫХ КЛК-0,7..... стр. 198–203**

И.И. Гируцкий, Ю.А. Ракевич, А.Г. Сеньков

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ТЕРМОГРАФИЧЕСКОГО МЕТОДА ДИАГНОСТИКИ МАСТИТА
ДОЙНЫХ КОРОВ стр. 204–211**

А.И. Филиппов, А.А. Аутко, Э.В. Заяц, Н.Д. Лепешкин, В.П. Чеботарев

**ОПРЫСКИВАТЕЛЬ ТЕЛЕСКОПИЧЕСКИЙ КОМБИНИРОВАННЫЙ
ДЛЯ ОБЪЁМНОГО И ЛЕНТОЧНОГО ВНЕСЕНИЯ РАБОЧИХ
РАСТВОРОВ..... стр. 212–221**

В.В. Поддубицкий, В.Н. Дашков, В.П. Чеботарев
К ВОПРОСУ ВЫБОРА МЕСТНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА ДЛЯ
ВОЗДУХОНАГРЕВАТЕЛЕЙ ЗЕРНОСУШИЛОКстр. 222–225

И.И. Гируцкий, Ю.А. Ракевич
ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕРМОГРАФИЧЕСКОГО МЕТОДА
ДИАГНОСТИКИ МАСТИТА ДОЙНЫХ КОРОВ В
КОМПЬЮТИРИЗировАННОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ
СТАДОМ.....стр. 226–231

В. И. Ветохин, Ю. И. Овсиенко, В. В. Голдыбан, И. А. Барановский, В. В. Амосов
ОБЗОР МЕТОДОВ ОРИЕНТАЦИИ КУЛЬТИВАТОРОВ ПРИ
МЕЖДУРЯДНОЙ ОБРАБОТКЕ ПРОПАШНЫХ
КУЛЬТУР.....стр. 232–239

В.И. Передня, В.Ф. Радчиков, Е.Л. Жилич, А.А. Кувшинов, А.М. Злотник
К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ МОБИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ
ПРОИЗВОДСТВА КОРМОЛЕКАРСТВЕННЫХ СМЕСЕЙ И
ПРЕМИКСОВ.....стр. 240–245

В.В. Микульский, Э.В. Дыба, П.В. Яровенко, Л.И Трофимович, А.А. Бернацкий
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕХНОЛОГИИ ЗАГОТОВКИ И
ХРАНЕНИЯ В ПОЛИМЕРНЫХ РУКАВАХ КРУПНОГАБАРИТНЫХ
ТЮКОВ ИЗ ПРОВЯЛЕННЫХ ТРАВ, ОБРАБОТАННЫХ
КОНСЕРВАНТАМИ НА КАЧЕСТВО И
СОХРАННОСТЬ КОРМОВ.....стр. 246–253

А.Н. Юрин, С.П. Кострома, В.В. Викторovich
ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ
РАБОТЫ ДВУХФРЕЗЕРНОГО КАНАЛОКОПАТЕЛЯ.....стр. 254–261

А.Н. Юрин, В.В. Викторovich
ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ
КОМПЛЕКСА УБОРКИ ВЕТОК И ШИРИНЫ ЗАХВАТА
ВАЛКОВАТЕЛЯ.....стр. 262–264

А.Н. Юрин, В.К. Клыбик
АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ
УТИЛИЗАЦИИ ОБРЕЗАННЫХ ВЕТОК В САДАХ..... стр. 265–273

Научное издание

**МЕХАНИЗАЦИЯ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

Межведомственный тематический сборник

Основан в 1968 году

Выпуск 54

Ответственный за выпуск Т. А. Горбачевская

Редактор-корректор Е. В. Корзун

Компьютерная верстка _____

Подписано в печать _____. Формат 60×84 ¹/₈. Бумага офсетная. Печать цифровая.

Усл. печ. л. _____. Уч.-изд. л. _____ Тираж 100 экз. Заказ _____.

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.