



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 53

Минск
«Беларуская навука»
2020

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, электрификации и автоматизации, информационно-управляющих систем в технологиях АПК.

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

Редакционная коллегия:

доктор технических наук, профессор, член-корреспондент НАН Беларуси
П. П. Казакевич (*главный редактор*);
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
С. Г. Яковчик (*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. И. Передня, В. Романюк (Республика Польша),
П. А. Савиных (*Российская Федерация*), 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,
А. Н. Юрин; кандидат экономических наук, доцент В. Г. Самосюк;
кандидаты технических наук 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.

С. Г. Яковчик, Н. Г. Бакач, Ю. Л. Салапура

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

ПЕРСПЕКТИВЫ В ОБЛАСТИ ТОЧНОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

В статье представлены перспективы в области применения точного сельского хозяйства и предложены задачи, требующие первостепенного решения.

Ключевые слова: ресурсосберегающие технологии, точное земледелие, точное животноводство, техническое зрение, мониторинг.

S. G. Yakovchik, M. G. Bakach, Y. L. Salapura

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

PROSPECTS IN THE FIELD ACCURATE AGRICULTURE

The article presents the prospects in the field of precision agriculture and proposes the tasks that require a primary solution.

Keywords: resource-saving technologies, precision farming, precision farming, machine vision, monitoring.

Введение

С каждым годом население нашей планеты увеличивается и, по прогнозным показателям, уже через 30 лет продуктов питания потребуется на 70% больше, чем их производится в настоящее время. Несмотря на то, что в последнее время отмечается развитие биотехнологий, однако в ближайшем обозримом будущем, основную массу продуктов питания для населения все равно будет обеспечивать пашня, как главное средство производства продуктов питания. Одновременно следует отметить, что каждый год на нашей планете безвозвратно исчезает более 1,3 млн. га пахотных земель, а также постоянно снижается их плодородие. Поэтому уже с 80-ых годов прошлого столетия, главной парадигмой земледелия развитых мировых держав стало создание прецизионных систем земледелия [1].

В то же время по оценкам ФАО, до 80% необходимого роста производства продукции должно быть получено путем увеличения урожаев и интенсивности сельскохозяйственных культур, но только 20% от расширения пахотных земель. Однако следует отметить, что глобально темпы роста урожаев основных зерновых культур стабильно стали уменьшаться и на данный момент не превышают 1,5% в год. Поэтому стоит задача разрабатывать такие технологии, которые смогли бы преодолеть это уменьшение [2].

В свою очередь отличительными особенностями сельского хозяйства любой страны являются прямая зависимость от почвенно-климатических условий, пространственная рассредоточенность предприятий, сезонность работы, органическая связь с живой природой и живыми организмами [3]. Это касается и Республики Беларусь.

Поэтому стратегической целью дальнейшего развития агропромышленного комплекса нашей страны является формирование конкурентоспособного на мировом рынке и экологически

безопасного производства продуктов питания, необходимого для поддержания достигнутого уровня продовольственной безопасности страны, обеспечения полноценного питания и здорового образа жизни населения республики при сохранении и постепенном увеличении плодородия почв, а также наращивания экспортного потенциала.

Для достижения поставленной цели требуется решение следующих задач:

снизить затраты ресурсов и повысить рентабельность производства сельскохозяйственной продукции;

повысить качество продовольствия и его конкурентоспособность на международных рынках.

Основная часть

Как показывает анализ мировых тенденций, сельское хозяйство повсеместно переходит на ресурсосберегающие технологии, где одним из базовых элементов является точное земледелие, реализация которого довольно успешно позволяет конкурировать на рынке. Лидерами в данном направлении являются США, Германия, Дания, Голландия, Япония, Бразилия, Китай и Австралия.

Применение новых технологий и технических средств, таких как системы позиционирования, автоматические пробоотборники, датчики, бортовые компьютеры, измерительные комплексы и приборы, мобильные информационные системы и другие позволяют проводить точечное обследование характеристик почв; собирать, накапливать и анализировать полученные данные; составлять карты прогноза урожайности выращиваемых растений; вносить минеральные и органические удобрения, химические мелиоранты в определенное поле, с учетом выявленной изменчивости характеристик почвы, а также с целью получения максимальной урожайности, уменьшения загрязнения окружающей среды и выращивания экологически чистой продукции; внедрять и контролировать намеченные рекомендации; проводить дальнейший мониторинг характеристик поля [4].

Для полноценного использования технологии точного сельского хозяйства требуется применение всех современных достижений в части информационных технологий, включая компьютеры и сети, «Интернет вещей» (*internet of things*), облачную обработку данных (*cloud computing*), технологии 3S (дистанционное обследование, географические информационные системы и *GPS*), а также технологии беспроводной связи.

Появление электроники позволяет создавать мобильную технику с дистанционным управлением, работающую по заданным программам, – это совершенно новое направление развития технических средств – фитотехнология, которая дает возможность заменять человека в тяжелых условиях, при монотонных операциях, значительно сокращая потери рабочего времени и ошибки, связанные с человеческим фактором [5].

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» занимается разработкой отдельных элементов системы точного сельского хозяйства.

В данной области создан комплект оборудования и программного обеспечения системы дистанционного мониторинга машинно-тракторных агрегатов, включающий модуль телеметрический МТМ-1, модуль идентификации, топливные датчики, сервер и специализированное программное обеспечение, устанавливаемое на рабочее место специалиста. Данная система предназначена для определения координат местоположения, направления и скорости движения машинно-тракторного агрегата, также система позволяет определить состав агрегата, обработанную площадь и расход топлива в режиме реального времени.

В рамках проведенных исследований по изучению процесса дифференцированного внесения минеральных удобрений с обоснованием системы регулирования дозы в процессе работы по карт-заданию, обоснованы методы и средства дифференцированного внесения минеральных удобрений по карт-заданию и в *on-line* режиме на основе использования сигналов глобальных навигационных систем.

Также разработан алгоритм работы оборудования для дифференцированного внесения удобрений по карт-заданию.

Потребность населения иметь доступ к высококачественным пищевым материалам, стимулирует производителей плодов, овощей и корнеклубнеплодов использовать экономичные, неразрушающие, а также гигиенические методы контроля качества реализуемой продукции.

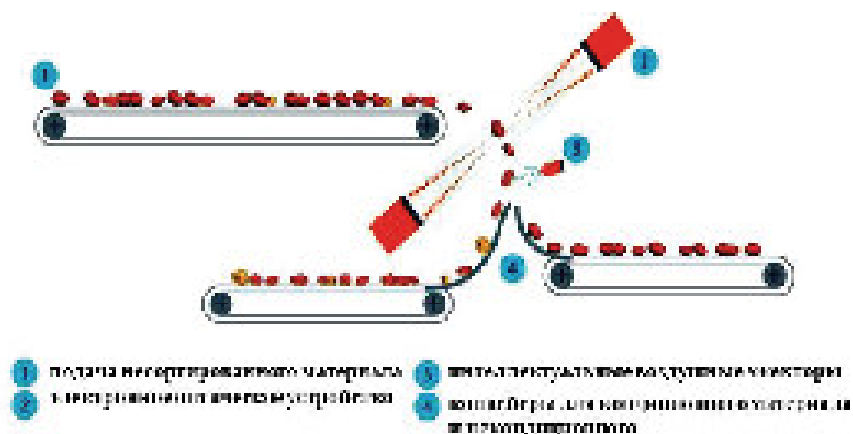


Рис. 1. – Принципиальная схема оптической сортировки картофеля

Помимо этого, ведутся исследования по разработке линии сортировки и фасовки яблок. В основу работы оптического сортировщика плодов положен принцип анализа данных, согласно которому, полученные с видеокамер изображения плодов обрабатываются и формируются в образы, с последующим распознаванием и выдачей сигнала исполнительному устройству. Оптический сортировщик предназначен для сортировки яблок и груш в соответствии действующих стандартов. Яблоки, в зависимости от качества, должны быть отсортированы на три товарных сорта: высший, первый и второй. Фотосепаратор линии обеспечивает сортировку плодов по размеру, цвету, наличию механических повреждений и повреждений от болезней и вредителей.

Начаты исследования по разработке роботизированной машины для пропалывания междурядий питомников и ягодников. Проведение данных работ обусловлено тем, что указанные технологические операции остаются в республике немеханизированными, при этом невозможно использование гербицидов из-за угрозы угнетения роста и развития культурных насаждений. В то же время трудоемкость этих операций составляет 80–150 чел. ч./га.

К сожалению, в настоящее время, в республике, производство и использование систем точного земледелия пока находится на достаточно низком уровне. Это, прежде всего, связано с дополнительными затратами, среди которых можно выделить следующие:

затраты на сбор данных (карты, глобальные системы позиционирования (ГСП), сенсоры);

затраты на менеджмент данных (техника и программное обеспечение);

затраты на специальную технику для точного выполнения агроприемов и навигацию (ГСП-управляемые машины и оборудование для дифференцированной обработки почвы, посева, внесения удобрений, средств защиты растений и др.) [6].

Заключение

Для внедрения в производство отечественных информационно-управляющих систем перво-степенно необходимо решение следующих основных задач:

разработка базовых инновационных технологий возделывания основных, зерновых и кормовых культур, ориентированных на использование информационно-управляющих систем в почвенно-климатических условиях Республики Беларусь;

разработка технических средств для сбора данных;
разработка автоматизированных и роботизированных систем сельскохозяйственных машин для реализации технологий информационно-управляемого сельского хозяйства;
разработка комплексов отечественного программного обеспечения;
разработка систем управления и принятия решений.

В условиях жесткой конкуренции, совершенствование производства сельскохозяйственной продукции, основанное на технологиях информационно-управляемого сельского хозяйства, является экономически обоснованным и позволит, по предварительным расчетам, снизить себестоимость производства сельскохозяйственной продукции, и повысить эффективность отрасли в целом.

Список использованных источников

1. Труфляк, Е. В. Точное земледелие: учеб. пособие / Е. В. Труфляк, Е. И. Трубилин; Кубан. гос. агр. ун-т. – Краснодар, 2015. – 383 с.
2. http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/synthesis_papers/How_to_Feed_the_World_in_2050_RU.pdf.
3. Рунов, Б. Новейшие технологии (точное земледелие) – основа развития выгодного сельского хозяйства / Б. Рунов, Н. Пильникова // Экономика сельского хозяйства России. – № 2. – 2010. – С. 25–34.
4. Д. К. Обзор задач точного земледелия и аграрных роботизированных средств / Д. К. Ву, В. В. Нгуен, О. Я. Соленая, А. Л. Ронжин // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – № 3. (77). – 2017. – С. 13–19.
5. Рунов Б. А. Основы технологии точного земледелия. Зарубежный и отечественный опыт / Б. А. Рунов, Н. В. Пильникова. – 2-е изд., исправ. и доп. – СПб.: АФИ, 2012. – 120 с.
6. Труфляк, Е. В. Интеллектуальные технические средства в сельском хозяйстве / Е. В. Труфляк // Известия Великолукской ГСХА. – 2015. – № 4. – С. 25–34.

УДК 629.1

Поступила в редакцию 28.07.2019

Received 28.07.2019

В. Е. Тарасенко¹, А. А. Жешко²

¹УО «Белорусский государственный аграрный технический университет,

²РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ ТИПОРАЗМЕРНОГО РЯДА ТРАКТОРОВ «БЕЛАРУС»

Оптимальной является система охлаждения (СО), с входящей в нее системой более высокого уровня, обеспечивающей наилучшие показатели функционирования. В данном случае – это двигатель внутреннего сгорания (ДВС) мобильной машины. Показатели функционирования двигателя определяются его тепловым состоянием и оцениваются температурой основных его элементов. Косвенно, таким показателем, может приниматься температура охлаждающей жидкости СО. Оптимальная система охлаждения – это система, во-первых, полностью отвечающая своим целям, и, во-вторых, обеспечивающая заданный температурный режим двигателя при наименьших материальных расходах на изготовление и наименьших энергетических затратах на функционирование [1].

В статье решена задача оптимизации параметров системы охлаждения с ограничениями-неравенствами и использованием условия Куна-Таккера.

Ключевые слова: оптимизация, система охлаждения, тип размерный ряд, трактор

V. E. Tarasenko¹, A. A. Zheshko²

¹Belarusian State Agrarian Technical University,

²Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Agriculture Mechanization

PARAMETER OPTIMIZATION OF COOLING SYSTEMS STANDARD SERIES OF TRACTORS “BELARUS”

Optimal is the cooling system that provides the best performance of the higher-level system in which the cooling system is located. In this case, it is the internal combustion engine of a mobile machine. The performance of the engine is determined by its thermal condition and the temperature of its main elements. Indirectly, this indica-

tor can be taken as the coolant temperature of the cooling system. The optimal cooling system is a system that, firstly, fully meets its goals, and, secondly, provides a predetermined temperature regime of the engine at the lowest material costs for the manufacture and operation [1].

The problem of optimization of parameters of the cooling system with constraints-inequalities and the use of the Kuhn-Tucker condition is solved in the article

Keywords: optimization, cooling system, size range, tractor

Основная часть

Температурный режим двигателя является ограничивающим (допускаемым) параметром. Исходя из его значения, определяются показатели основных компонентов системы – поверхность охлаждения радиатора, расходы охлаждающей жидкости и потока воздуха. Данные замеры являются варьируемыми или переменными при обеспечении заданного температурного режима двигателя. Температурный режим ДВС, или искомая величина, является функцией совокупности переменных показателей системы.

В группу параметров, характеризующих СО, входят теплотехнические показатели – теплоотдача в охлаждающую жидкость; теплоемкости теплоносителей; коэффициенты теплоотдачи и теплопередачи теплоносителей и поверхностей радиатора; ограничивающие значения условий эксплуатации трактора – температура окружающей среды.

Искомый показатель, в заданных пределах, обеспечивает качество системы. Искомые величины характеристики, в том числе и переменные, обеспечивают необходимые результаты, а его значение, в заданных пределах, будет оптимальным, но при условии, что переменные данные будут удовлетворять условию максимума или минимума. Так, поверхность охлаждения радиатора должна быть наименьшей, но обеспечивать теплопередачу требуемого количества теплоты от жидкости к потоку воздуха. Расходы теплоносителей должны иметь наименьшие энергетические затраты на их прокачку, но обеспечивать перенос и рассеивание заданного количества теплоты.

Представим последовательность решения задачи оптимизации.

Коэффициент теплопередачи поверхности охлаждения радиатора потоку воздуха [1], кДж/(кг·К):

$$k_T = \frac{1}{\frac{\psi}{\alpha_v} + \frac{1}{\alpha_w} + \frac{\delta_m}{\lambda_{cm}}} \times 10^{-3}, \quad (1.1)$$

где α_v – коэффициент теплоотдачи от охлаждающей жидкости к стенке трубок, Вт/(м²·К), $\alpha_v = 2500 \dots 5000$ Вт/(м²·К);

α_w – коэффициент теплоотдачи от стенки трубок воздуху, Вт/(м²·К), $\alpha_w = 100$ Вт/(м²·К);

δ_m – толщина стенки трубки, м (0,00005...0,0002 м);

λ_{cm} – коэффициент теплопроводности от стенки трубки, для медных трубок $\lambda_{cm} = 330$ Вт/(м·К);

Ψ – коэффициент оребрения, для трубчато-пластинчатых радиаторов принимаем $\psi = 7,5 \dots 10$.

Поверхность охлаждения радиатора определяется по формуле [1]:

$$F_{охл} = 60 \cdot 10^3 \frac{G_v c_{pv} \rho_v (t_{v2} - (t_{v2} - 5))}{k_T \left(\frac{(t_{v2} + (t_{v2} - 5))}{2} - t_w \right)}, \quad (1.2)$$

где G_v – расход охлаждающей жидкости, м³/ч (л/мин). В дальнейших расчетах будут приняты диапазоны допустимых значений расхода охлаждающей жидкости для ряда двигателей с целью определения оптимального значения и минимизации затрат на привод жидкостного насоса;

c_{pv} – средняя теплоемкость охлаждающей жидкости, принимаем $c_{pv} = 3,608$ кДж/(кг·К);

ρ_v – плотность охлаждающей жидкости, принимаем среднее значение $\rho_v = 1034$ кг/м³;

t_{v2} – температура охлаждающей жидкости на выходе из радиатора, принимаем $t_{v2} = 85 \dots 105$ °С.

Подставляя (1.1) в формулу (1.2) получим:

$$F_{\text{охл}} = 60 \cdot 10^3 \frac{G_V c_{PV} \rho_V (t_{V2} - (t_{V2} - 5))}{\left(\frac{(t_{V2} + (t_{V2} - 5))}{2} - t_w \right)} \times \left(\frac{\psi}{\alpha_V} + \frac{1}{\alpha_W} + \frac{\delta_m}{\lambda_{\text{см.}}} \right), \quad (1.3)$$

После упрощения выражение (1.3) примет вид:

$$F_{\text{охл}} = \frac{G_V c_{PV} \rho_V \left(\frac{\psi}{\alpha_V} + \frac{1}{\alpha_W} + \frac{\delta_m}{\lambda_{\text{см.}}} \right)}{12(t_{V2} - t_w - 2,5)}. \quad (1.4)$$

Учитывая, что площадь поверхности охлаждения радиатора, находится в пределах $F_{\text{охл}} = 12 \dots 45 \text{ м}^2$, будем считать, что решение задачи оптимизации (поиска минимума функции (1.4) будет иметь физический смысл, если $F_{\text{охл}} \geq 12$. Запишем условия и ограничения задачи оптимизации, а также ограничения на целевую функцию:

$$\begin{cases} F_{\text{охл}} = \frac{G_V c_{PV} \rho_V \left(\frac{\psi}{\alpha_V} + \frac{1}{\alpha_W} + \frac{\delta_m}{\lambda_{\text{см.}}} \right)}{12(t_{V2} - t_w - 2,5)} \rightarrow \min, \\ 85 \leq t_{V2} \leq 105, \\ 2500 \leq \alpha_V \leq 5000, \\ G_{V \min} \leq G_V \leq G_{V \max}, \\ F_{\text{охл}} \geq 12. \end{cases} \quad (1.5)$$

где $G_{V \min}$, $G_{V \max}$ – изменяющийся в зависимости от типа двигателя расход охлаждающей жидкости.

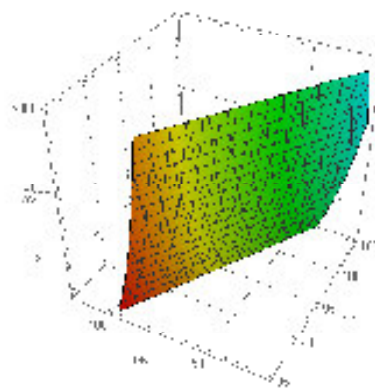
Для ряда двигателей повышенной мощности, а, следовательно, повышенной теплонагруженности (DEUTZ и CATERPILLAR мощностью 264 кВт и выше) следует функцию 1.5 привести к следующему виду:

$$\begin{cases} F_{\text{охл}} = \frac{G_V c_{PV} \rho_V \left(\frac{\psi}{\alpha_V} + \frac{1}{\alpha_W} + \frac{\delta_m}{\lambda_{\text{см.}}} \right)}{12(t_{V2} - t_w - 2,5)} \rightarrow \min, \\ 93 \leq t_{V2} \leq 109, \\ 2500 \leq \alpha_V \leq 5000, \\ G_{V \min} \leq G_V \leq G_{V \max}, \\ F_{\text{охл}} \geq 12. \end{cases} \quad (1.6)$$

На рис. 1 представлены результаты решения задачи оптимизации для пяти мощностных рядов двигателей тракторов «Беларус» [2–4, 7,8].

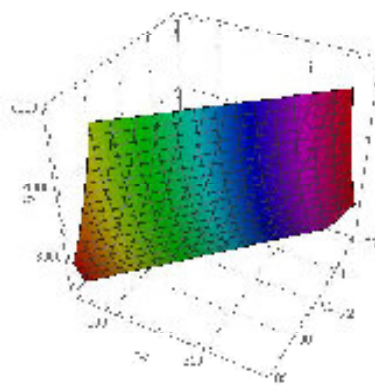
Приведем пример расчета для (рис. 1) в (двигатели мощностью 96–156 кВт). После подстановки в функцию (1.4) известных значений получим:

$$\begin{aligned} F_{\text{охл}} &= \frac{G_V c_{PV} \rho_V \left(\frac{\psi}{\alpha_V} + \frac{1}{\alpha_W} + \frac{\delta_m}{\lambda_{\text{см.}}} \right)}{12(t_{V2} - t_w - 2,5)} = \frac{G_V \cdot 3,608 \cdot 1034 \left(\frac{9}{\alpha_V} + \frac{1}{100} + \frac{0,0001}{330} \right)}{12(t_{V2} - 46 - 2,5)} = \\ &= \frac{310,89 \cdot G_V \left(0,01 + \frac{9}{\alpha_V} \right)}{t_{V2} - 48,5}. \end{aligned} \quad (1.7)$$



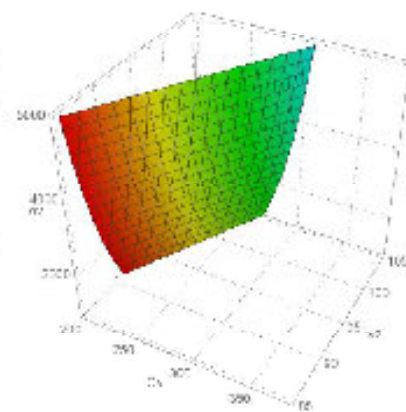
марка тракторов:
Беларус-320/Беларус-952;
26–70 кВт; $80 \leq G_V \leq 180$;
 $G_V = 138,629$ л/мин;
 $\alpha_V = 3408,22$ Вт/(м² К);
 $t_{V2} = 93,90$ °С; $F_{\text{охл}} = 12,00$ м²

а



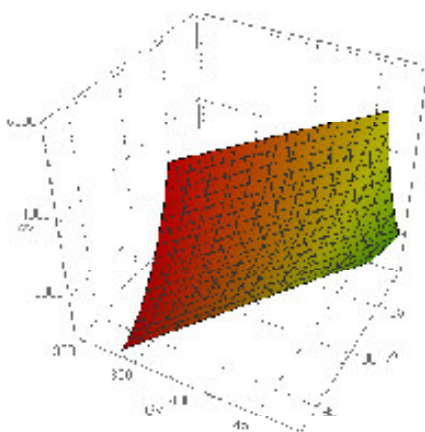
марка тракторов:
Беларус-1025/Беларус-1220.6;
70–90 кВт; $180 \leq G_V \leq 280$;
 $G_V = 180,74$ л/мин;
 $\alpha_V = 4464,19$ Вт/(м² К);
 $t_{V2} = 104,76$ °С; $F_{\text{охл}} = 12,00$ м²

б



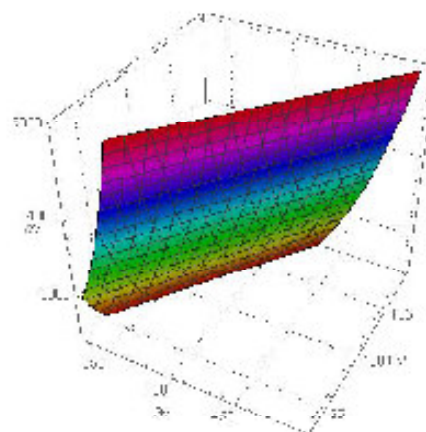
марка тракторов:
Беларус-1221/Беларус-2022.5;
96–156 кВт; $200 \leq G_V \leq 380$;
 $G_V = 200,00$ л/мин;
 $\alpha_V = 5000,00$ Вт/(м² К);
 $t_{V2} = 105,00$ °С; $F_{\text{охл}} = 12,99$ м²

в



марка тракторов: Беларус-3022/ Беларус-3022ДЦ.1;
186–223 кВт; $300 \leq G_V \leq 400$; $G_V = 300,00$ л/мин;
 $\alpha_V = 5000,00$ Вт/(м² К); $t_{V2} = 109,00$ °С; $F_{\text{охл}} = 18,19$ м²

г



марка тракторов: Беларус-3522/ Беларус-4522; 264–343
кВт; $330 \leq G_V \leq 500$; $G_V = 330,00$ л/мин;
 $\alpha_V = 5000,00$ Вт/(м² К); $t_{V2} = 109,00$ °С; $F_{\text{охл}} = 20,01$ м²

д

Рис. 1. – Результаты решения задачи оптимизации

Для удобства расчетов введем следующие обозначения:

$x_1 \Leftrightarrow G_V$, $x_2 \Leftrightarrow \alpha_V$, $x_3 \Leftrightarrow t_{V2}$. Тогда система (1.5) примет вид:

$$\begin{cases} F(x) = 310,89x_1(0,01 + 9/x_2)/(x_3 - 48,5), \\ (x_1 - 200)(x_1 - 380) \leq 0, \\ (x_2 - 2500)(x_2 - 5000) \leq 0, \\ (x_3 - 85)(x_3 - 105) \leq 0, \\ F(x) \geq 12. \end{cases} \quad (1.8)$$

После нахождения стационарных точек и проверки условий Куна-Таккера получим следующую систему уравнений, которую необходимо решить для нахождения значения точек экстремума:

$$\begin{cases} x_4 \cdot (x_1 - 380) + x_4 \cdot (x_1 - 200) + (310,89 \cdot (0,01 + 9 / x_2)) / (x_3 - 48,5) = 0, \\ -2798,01 \cdot x_1 / (x_2^2 \cdot (x_3 - 48,5)) + x_5 \cdot (x_2 - 5000) + x_5 \cdot (x_2 - 2500) = 0, \\ -(310,89 \cdot x_1 \cdot (0,01 + 9 / x_2)) / ((x_3 - 48,5)^2) + x_6 \cdot (x_3 - 105) + x_6 \cdot (x_3 - 85) = 0, \\ (x_1 - 200) \cdot (x_1 - 380) = 0, \\ (x_2 - 2500) \cdot (x_2 - 5000) = 0, \\ (x_3 - 85) \cdot (x_3 - 105) = 0. \end{cases}$$

В результате решения системы получим следующее:

$$x_1 = 200, x_2 = 5000, x_3 = 105.$$

Таким образом, решение задачи оптимизации, в соответствии с принятыми обозначениями, можно представить в виде:

$$G_v = 200 \text{ л/мин}, \alpha_v = 5000 \text{ Вт/(м}^2 \text{ К)}, t_{v2} = 105 \text{ }^\circ\text{C}.$$

При этом значение целевой функции будет минимальным, в соответствии с условием (1.5), и составит $F_{\text{охл}} = 12,99 \text{ м}^2$.

Результаты проведенной работы свидетельствуют о том, что с ростом теплонапряженности по таким двигателям тракторов, как TCD 2013 L06 4V («Беларус-3522») и Caterpillar C13 («Беларус-4522») при минимальной площади поверхности радиатора (20–25 м²) и средней производительности жидкостного насоса (200–300 л/мин) можно обеспечить заданный тепловой режим. На режимах работы двигателя, отличных от максимальной и номинальной загрузки, достаточно обеспечивать производительность насоса на уровне 150 л/мин.

Заключение

Решена задача оптимизации параметров системы охлаждения с ограничениями-неравенствами и использованием условия Куна-Таккера, результаты которой свидетельствуют о том, что с ростом теплонапряженности по таким двигателям тракторов, как TCD 2013 L06 4V («Беларус-3522») и Caterpillar C13 («Беларус-4522») при минимальной площади поверхности радиатора (20–25 м²) и средней производительности жидкостного насоса (200–300 л/мин) можно обеспечить заданный тепловой режим. На режимах работы двигателя, отличных от максимальной и номинальной загрузки, достаточно обеспечивать производительность насоса на уровне 150 л/мин.

Список использованных источников

1. Якубович, А. И. Системы охлаждения тракторных и автомобильных двигателей. Конструкция, теория, проектирование / А. И. Якубович, Г. М. Кухаренок, В. Е. Тарасенко. – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2013. – 473 с.
2. Турчак Л. И. Основы численных методов. – М.: Наука, 1987. – 318 с.
3. Мудров А. Е. Численные методы для ЭВМ на языках Бэйсик, Фортран, Паскаль. – Томск: МП 'РАСКО', 1991. – 272 с.
4. Бахвалов Н. С., Жидков Н. П., Кобельков Г. М. Численные методы. – М.: Наука, 1987. – 600 с.
5. Бобровник, А. И. Системный выбор энергетических параметров колесных тракторов: справочник / А. И. Бобровник, И. Н. Усс, В. Е. Тарасенко [и др.]. – Минск, БГАТУ, 2011. – 104 с.
6. Тракторы BELARUS. [Электронный ресурс]. – 2018. Режим доступа: <http://www.belarus-tractor.com/catalog/tractors/>. – Дата доступа 24.05.2018.
7. Тарасенко, В. Е. Определение параметров автотракторных радиаторов / В. Е. Тарасенко // Інженерія природокористування. – Харків, 2016. – №2 (6). – С. 12–18.
8. Тарасенко, В. Е. Эффективность охлаждающих поверхностей автотракторных радиаторов / В. Е. Тарасенко // Исследования, результаты. – Алматы, 2015. – №01 (065). – С. 155–163.

В. Ф. Радчиков¹, В. И. Передня², Е. Л. Жилич², А. А. Кувшинов², А. М. Злотник²

¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству»,
РБ, Жодино, e-mail: belniig@tut.by

²РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
РБ, Минск, e-mail: belagromech.by

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАМЕНТЕЛЕЙ ОБЕЗЖИРЕННОГО МОЛОКА В КОРМЛЕНИИ ТЕЛЯТ

Использование заменителей обезжиренного молока, содержащих 20 и 22% протеина, в составе комбикорма КР-2 способствует увеличению живой массы и среднесуточных приростов и является наиболее эффективным для телят старше 65-дневного возраста.

Ключевые слова: телята, заменитель обезжиренного молока, комбикорм КР-2, рацион, кровь, продуктивность

V. F. Radchikov¹, V. I. Perednya², E. L. Zhilich², A. A. Kuvshinov², A. M. Zlotnik²

¹ RUE «SPC NAS of Belarus on animal husbandry»,
Republic of Belarus, Zhodino, e-mail: belniig@tut.by

² RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»,
Republic of Belarus, Minsk, e-mail: belagromech.by

EFFICIENCY OF USE OF HUGGED MILK SUBSTITUTES IN CALVES FEEDING

The use of skim milk substitutes containing 20% and 22% protein in mixed feed KP-2 contributes to increased live weight and average daily growth and is most effective for calves over 65 days of age.

Keywords: calves, skim milk substitute, KP-2 combine, diet, blood, productivity

Важным моментом при выращивании телят является кормление их в послемолочный период, когда из рациона исключается выпаивание молочными кормами. Чтобы как-то сгладить негативные последствия, в состав комбикорма предлагается вводить сухое обезжиренное молоко (СОМ). А это дополнительный расход дорогостоящего молока, который неизменно приводит к росту затрат на выращивание телёнка [1, 2, 3].

В связи с этим целью исследования стала разработка заменителей обезжиренного молока с различным содержанием протеина, и изучение эффективности скармливания комбикорма КР-2 с последующей инклюзией в питание молодняка крупного рогатого скота старше 65-дневного возраста.

Для решения поставленной цели отобраны образцы кормов, которые используют в кормлении животных (молочные корма, сено злаково-бобовое, сенаж разнотравный, комбикорма), и проведен анализ их химического состава в лаборатории биохимических анализов РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» по общепринятым методикам.

Научно-хозяйственный опыт проведен на 3-х группах молодняка крупного рогатого скота в возрасте 65 дней, живой массой 78,9–80,4 кг по 10 голов в каждой и в течение 60 дней по схеме, представленной в (табл. 1).

Различия в кормлении заключались в том, что бычки опытных групп получали заменители обезжиренного молока с разным количеством протеина в составе комбикорма КР-2.

Основными кормами для молодняка являлись ЗЦМ, ЗОМ, комбикорм КР2, сено злаково-бобовое, сенаж разнотравный.

Т а б л и ц а 1. Схема опыта

Группа	Количество животных в группе, голов	Продолжительность опыта, дней	Особенности кормления
I опытная	10	60	Основной рацион (ОР) – ЗЦМ, сено, сенаж+ комбикорм КР-2 с включением ЗОМ 1, содержащий 18% протеина по массе
II опытная	10	60	ОР + комбикорм КР-2 с включением ЗОМ 2, содержащий 20% протеина по массе
III опытная	10	60	ОР + комбикорм КР-2 с включением 10% ЗОМ 3, содержащий 22% протеина по массе

В ходе исследований изучены следующие показатели: химический состав и питательность; поедаемость кормов; морфо-биохимический состав крови; интенсивность роста животных; оплата корма продукцией.

В результате анализа рационов молодняка, по фактически съеденным кормам, можно отметить, что комбикорма задавались нормировано в связи с чем в среднем, за весь период опыта, бычки потребляли их одинаковое количество 1,6 кг в день, что показано в (табл. 2).

Т а б л и ц а 2. Рационы подопытных бычков (по фактически съеденным кормам)

Корма и питательные вещества	Группа		
	I	II	III
Комбикорм, кг	1,60	1,60	1,60
ЗЦМ, кг	0,44	0,44	0,44
Сенаж разнотравный, кг	2,1	2,2	2,3
Сено злаково-бобовое, кг	0,72	0,70	0,73
В рационе содержится:			
Кормовых единиц	3,26	3,28	3,31
Обменной энергии, МДж	31,38	31,76	32,14
Сухого вещества, г	3248	3273	3323
Сырого протеина, г	442	447	451
Переваримого протеина, г	339	343	346
Сырого жира, г	185,6	186,6	188,1
Сырой клетчатки, г	202,7	205,7	215,0
Крахмала, г	307,2	309,0	311,0
Сахара, г	329,5	331,0	334,0
Кальция, г	31,1	31,2	31,6
Фосфора, г	17,4	17,5	17,6
Магния, г	2,4	2,6	2,6
Калия, г	20,0	20,8	21,1
Серы, г	6,3	6,3	6,4
Железа, мг	180,1	181,9	184,4
Меди, мг	12,7	11,5	11,9
Цинка, мг	124,2	125,4	127,3
Марганца, мг	137,5	138,0	141,1
Кобальта, мг	3,0	3,0	3,0
Йода, мг	1,0	1,1	1,1
Каротина, мг	87,7	90,0	93,3
Витамин D, тыс. МЕ	3,2	3,2	3,3
Витамин E, мг	101,3	101,5	101,8

Включение в рационы заменителя обезжиренного молока, содержащего 18, 20 и 22% протеина в составе комбикормов КР-2, оказало положительное влияние на потребление корма.

Неравномерная поедаемость сенажа и сена привела к различному потреблению питательных веществ в рационах животных, однако это несоответствие оказалось незначительным.

В рационах содержалось 3,26–3,31 корм. ед на 1 кг сухого вещества приходилось 1,0–1,03 корм. ед. Установлено, что в рационах всех групп, в расчете на 1 корм. ед, приходилось 105 г перевариваемого протеина.

Концентрация обменной энергии в опытных группах существенных различий не имела и колебалась в пределах 103–104 МДж в 1 кг сухого вещества.

По количеству сырого протеина значительных различий не установлено, данный показатель находился в пределах 442–451 г.

Для нормализации пищеварения необходимо обеспечить животных оптимальным количеством клетчатки (в возрасте до 3-х месяцев – 6–12%), содержание которой в сухом веществе составило 6,2–6,5% [3, 4, 5].

Отношение кальция к фосфору в группах находилось на уровне 1,78–1,79:1, что является оптимальным для этих элементов. Наиболее благоприятное отношение кальция к фосфору в рационах бычков для максимального использования в организме считается 1,3–2,0:1.

В результате исследований установлено, что, в крови бычков II и III опытных групп, произошло увеличение содержания эритроцитов на 3,2 и 4,0% и гемоглобина – на 3,1 и 3,3% по сравнению с аналогами из I опытной группы. Отмечена тенденция в увеличении содержания лейкоцитов (опытные группы II и III), которая объясняется повышением защитных свойств организма, по отношению к животным I группы – этот показатель увеличился на 6,8 и 9,2% (табл. 3).

Т а б л и ц а 3. Морфо-биохимический состав крови бычков в возрасте 119 дней

Показатель	Группа		
	I	II	III
Гемоглобин, г/л	99,7±0,85	101±0,63	103,0±0,64
Эритроциты, 10 ¹² /л	5,95±0,59	6,14±0,57	6,19±0,33
Лейкоциты, 10 ⁹ /л	8,22±0,37	8,78±0,49	8,98±0,23
Кислотная емкость, мг%	453±9,01	458±5,36	480±7,43
Мочевина, ммоль/л	4,43±0,11	4,37±0,17	4,2±0,19
Глюкоза, ммоль/л	2,80±0,33	2,86±0,43	2,93±0,37
Общий белок, г/л	79,7±1,99	82,2±2,03	82,3±2,11
Кальций, ммоль/л	2,85±0,12	2,93±0,34	2,99±0,37
Фосфор, ммоль/л	1,68±0,36	1,70±0,32	1,72±0,39

Скармливание телятам ЗОМ 2 и ЗОМ 3 способствовало усилению углеводного обмена, на что указывает увеличение концентрации глюкозы в крови на 2,1 и 4,6% по отношению к I опытной группе.

Кислотная емкость крови всего опытного молодняка находилась в пределах 453–480 мг. Это свидетельствует о том, что в организме животных имеются достаточные резервы для нормализации процессов обмена.

По количеству белка можно судить о протеиновой полноценности рациона. В результате опыта установлено повышение его концентрации в крови бычков II и III опытных групп на 3,1 и 3,3% в сравнении с I.

По концентрации мочевины судят об интенсивности белкового обмена. В наших исследованиях, в крови опытных животных, ее количество находилось в пределах 4,2–4,43 ммоль/л. У бычков I и II опытных групп содержание мочевины оказалось ниже на 5,2 и 3,9% по сравнению с животными III опытной группы.

Отмечено увеличение содержания кальция и фосфора в сыворотке крови животных II и III опытных групп по отношению к I на 2,8 и 4,9% и на 1,1 и 2,3% соответственно, что свидетельствует об усилении обмена их в организме.

По результатам научно-хозяйственного опыта установлено, что бычки III опытной группы (табл. 4) увеличивали живую массу более интенсивно, чем животные из I группы, получавшие с рационом заменитель обезжиренного молока, содержащий 18% протеина.

Так, за период опыта, телята увеличили свою массу на 50,4 кг, что на 1,5 кг или 3,1% больше, чем их сверстники из I группы. Среднесуточный прирост бычков II и III опытных групп повысился с 815 г до 840 г или 1,0 и 3,1%.

Т а б л и ц а 4. Живая масса и продуктивность

Показатель	Группа		
	I опытная	II опытная	III опытная
Живая масса, кг:			
в начале опыта	80,4±0,84	79,7±0,38	78,9±0,95
в конце опыта	129,3±1,31	129,1±1,52	129,3±2,31
Валовой прирост, кг	48,9±1,38	49,4±1,53	50,4±2,91
Среднесуточный прирост, г	815±23,79	823±25,31	840,0±26,38
% к I группе	100	101,0	103,1

Важным показателем выращивания животных являются затраты кормов на получение продукции. На 1 кг прироста подопытный молодняк затрачивал 3,94–4,0 кормовых единиц (рис. 1). Самый низкий расход кормов оказался у животных I группы, в рационы которых входил ЗОМ 1 с содержанием 18% протеина и составил 3,94 корм. ед, что на 1,1% меньше, чем во II и на 1,5%, нежели в III группе.



Рис. 1. – Затраты кормов на 1 кг прироста, кормовых единиц

Исследованиями установлено, что стоимость рационов во II и III опытных группах оказалась на 1,2–2,3% ниже. В результате себестоимость прироста в III опытной группе была ниже на 0,9% по сравнению с аналогами I и II группы. У сверстников I и II опытных групп себестоимость получения прироста живой массы оказалась практически одинаковой.

В результате проведенных исследований установлено, что вполне возможно применять заменители обезжиренного молока в составе комбикормов – это приводит к увеличению привесов животных и снижению себестоимости продукции.

Заключение

Использование заменителей обезжиренного молока, содержащих 20 и 22% протеина, в составе комбикорма КР-2, способствует увеличению живой массы и среднесуточных приростов и является наиболее эффективным для телят старше 65-дневного возраста.

Список использованных источников

1. Рыдак, П. А. Передовые методы выращивания молодняка крупного рогатого скота. – Минск: Урожай, 1984.
2. Плященко, С. И. Получение и выращивание здоровых телят / С. И. Плященко, Н. А. Сидоренко, А. Трофимов. – Минск: Урожай, 1990.
3. Передня, В. И. Легкоусвояемый корм для кормления телят / А. А. Романович, В. И. Передня / Сб. материалов Международной практической конференции «Проблемы интенсификации животноводства с учетом охраны окружающей среды и производства альтернативных источников энергии, в том числе биогаза». – Фаленты; Варшава, 2017. – С. 141–146.

4. Радчиков, В. Ф. Выращивание телят и ЗЦМ: преимущества применения / В. Ф. Радчиков, В. В. Сидорович, А. М. Глинкова // Наше сельское хозяйство. – 2014. – № 12 (92) : Ветеринария и животноводство. – С. 34–38.
5. Балабушко, В. В. Эффективность скармливания заменителей цельного молока в рационе телят / В. В. Балабушко, А. Н. Кот, А. И. Козинец // Актуальные проблемы производства и переработки продукции животноводства: сб. науч. тр. по материалам междунар. научно-практ. конф. (пос. Нижний Архыз, 2–4 июня 2010). – Ставрополь : Сервисшкола, 2010. – С. 369–375.

УДК 633.521(476)

Поступила в редакцию 20.05.2019
Received 20.05.2019

А. Н. Перепечаев¹, А. Л. Рапинчук¹, А. Д. Чечеткин²

¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

²«УО «БГАТУ»

г. Минск, Республика Беларусь УО «БГАТУ»

ПЕРВИЧНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ЛЬНА, ПРОБЛЕМЫ И НЕДОСТАТКИ ОТРАСЛИ

В статье проведен анализ обеспеченности РУПТП «Оршанский льнокомбинат» длинным и коротким льноволокном, рассмотрено состояние льнозаводов, занимающихся первичной переработкой льна и предложены пути выхода из сложившейся ситуации.

Ключевые слова: льноволокно, линия выработки, РУПТП «Оршанский льнокомбинат», технология, оборудование, выработка, производительность, средний номер.

A. N. Perepechaev¹, A. L. Rapinchuk¹, A. D. Chechetkin²

¹RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»

²Educational Institution Belarusian State Agrarian Technical University
Minsk, Republic of Belarus

PRIMARY PROCESSING OF FLAX, PROBLEMS AND DISADVANTAGES OF THE INDUSTRY

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, RUPTP “Orsha Flax Plant”, technology, equipment, production, productivity, average number.

Введение

Лубяные волокна – один из основных видов сырья для текстильной промышленности, особенно для Республики Беларусь. Из них изготавливают изделия, широко применяемые в быту и различных отраслях народного хозяйства: бельевую и одежду ткани; скатерти, салфетки и полотенца; парусину, брезент, тарные и другие технические ткани; канаты, веревки, шпагат и т.д.

Являясь альтернативой хлопкового волокна, лен может заменить его в производстве продукции ведущих отраслей экономики на 30–40% и тем самым повысить стратегическую и финансовую независимость страны от импорта хлопка и готовой продукции, в том числе стратегического назначения [1].

По своим характеристикам данный продукт очень похож на хлопок, при этом сохраняет все уникальные свойства льна: бактерицидность, экологичность и т.д. Технологии, в основе которых лежит рациональное сочетание механических и химических приемов воздействия на короткое льняное волокно, позволяют гибко варьировать параметры получаемого волокна (длину, линейную плотность, степень очистки от костры и пр.).

В настоящее время, несмотря на резкое увеличение выработки химических волокон, производство натуральных, в том числе лубяных, не уменьшается, более того, принимаются меры по увеличению выпуска и повышению качества льноволокна [2]. Это связано, прежде всего, с тем,

что многие виды изделий, вырабатываемых из льна, не могут быть полностью заменены изделиями из химических волокон, задача по увеличению производства лубяных культур решается как в системе сельского хозяйства, так и в легкой промышленности.

Основная часть

За 2017 г., в адрес РУПТП «Оршанский льнокомбинат», поставлено длинного льноволокна 5,5 тыс. тонн, или 73,1% от предусмотренного объема. В этой связи льнокомбинат вынужден закупать импортное льноволокно. В январе 2017 г. импорт льна-сырца или льна обработанного, в сравнении с 2016 г., вырос в 4 раза и составил почти 89,5 тонны; льна мятого трепаного завезли больше в 130 раз (около 88 тонн) [3]. За январь - май 2018 г. предприятием импортировано 476,3 тонны длинного льноволокна на сумму около 1,2 млн. евро, что приводит к росту себестоимости продукции льнокомбината.

Среднесуточная потребность РУПТП «Оршанский льнокомбинат» в длинном льноволокне для обеспечения бесперебойной работы предприятия в трехсменном режиме работы при пятидневной рабочей неделе – 37 тонн. Потребности в коротком льноволокне составляют 36 тонн (за год порядка 9 тыс. тонн длинного и короткого льноволокна).

Объем поставок указанного сырья для республиканских государственных нужд (госзаказ), ежегодно устанавливаемый Советом Министров Республики Беларусь с учетом этой потребности и учетом возможностей льнозаводов, составлял в 2017 год – 7,5 тыс. тонн, 2018 год – 7,85 тыс. тонн [4].

Вместе с тем большинством льнозаводов республики, выполнение госзаказа не обеспечивается. За 2018 год льнозаводами республики заготовлено 135,6 тыс. тонн льнотресты средним номером № 0,83 – при планах в 180 тыс. тонн [5]. После переработки было получено льноволокна порядка 35 тыс. тонн. Из них длинного – 6,7 тыс. тонн со средним номером № 10,4.

Невысокое качество сырья и потери товарной продукции предопределяют убыточность переработки льна, низкие объемы производства льноволокна, его неудовлетворительное качество, а также регулярную недопоставку данной продукции для республиканских государственных нужд.

На текущий момент в республике работает 24 льнозавода, из которых 10 оборудованы высокопроизводительными линиями зарубежного производства и российскими линиями МТА (МТА-1Л, МТА-2Л), 14 действующих льнозаводов оборудованы только линиями МТА (таблица) (всего МТА-39 шт).

В 2017 году половина льнозаводов республики (12 из 24 имевшихся) получила убытки по конечному финансовому результату в размере более 10 млн. руб., из которых 5,6 млн. руб. – это убытки на полностью модернизированных линиях переработки льнотресты с использованием современных технологических процессов. Для сравнения: в 2016 году сумма потерь составила около 5,5 млн. руб.

В 2018 году положение предприятий отрасли, по конечному финансовому результату, несколько улучшилось, однако ряд льнозаводов по-прежнему работает с большим недополучением прибыли. Отрицательно на результатах работы льнозаводов сказывается неэффективное использование технологического оборудования, и, в первую очередь, высокопроизводительного, вызванное его недогрузкой по пропускной способности и использованию сырья низкого качества. В 2017 году современное технологическое оборудование в среднем было загружено только на 72% (в 2016 году – 80%) и ни одним из модернизированных льнозаводов не использовалось на полную мощность. За 6 месяцев 2018 года значение данного показателя существенно не улучшилось и находится на уровне 77%.

Анализ технико-экономических показателей работы льнозаводов свидетельствует о том, что при переработке льняной тресты как на российских (МТА-1Л, МТА-2Л), так и на западноевропейских льноперерабатывающих технологических линиях (Van Dommele engineering, Depoortere, Vanhauwaert), отмечается превышение процентного выхода общего и короткого волокна, если сравнивать с нормативными показателями для данного номера тресты. Однако имеется значительное отставание по процентному выходу и качеству длинного трёпаного волокна.

Ни одна из эксплуатируемых линий выработки длинного волокна, в т. ч. бельгийских фирм Van dommele, Depoortere и Vanhauwaert, не достигла паспортных значений в производительности по пропуску льнотресты и регламентируемых параметров качества длинного волокна.

Следует также отметить, что удельный вес длинного льноволокна, в общем объеме производства льнозаводов, остается низким (2017 год –21,2, 2018 год –19,4%). Кроме того, часть длинного льноволокна не принимается РУПТП «Оршанский льнокомбинат» по причине его низкого качества (средний номер волокна составляет 10,41 – вместо необходимого не ниже 12). В таблице приведены показатели работы льнозаводов.

Т а б л и ц а. Показатели работы льнозаводов по республике за январь- октябрь 2018г.

Показатели	Значения
Переработано тресты, т	100396
Средний номер тресты, №	0,84
Выработано льноволокна всего, т	26174
– длинного	5086
– короткого	21088
Норматив выхода льноволокна, %	24,22
Фактический выход, %	26,07 (+1,85)
Норматив выхода длинного льноволокна, %	7,36
Фактический выход длинного льноволокна, %	5,07 (-2,3)
Средний номер длинного льноволокна, №	
– нормативный	10,02
– фактический	10,41 (+0,39)
Средний номер короткого льноволокна, №	
– нормативный	2,78
– фактический	2,82 (+0,04)
Удельный вес длинного льноволокна, %	19,4
Средняя производительность линий по республике, кг/ч	794

Так, в Витебской области в 2018 году, выполнение поставок составило только 60% от доведенного задания (1,2 тыс. тонн при задании 2 тыс. тонн). Причинами невыполнения льнозаводами госзаказа являются, в том числе, несоблюдение регламента возделывания льна; несоответствие земельных участков оптимальным агрохимическим показателям; недостаток льноуборочной техники. По данным КГК, ОАО «Ореховский льнозавод» (Оршанский район), при площади обрабатываемых земель 2,2 тыс. га, имеет технику для возделывания льна только для обработки 1,5 тыс. га.

Переработчики тресты (льнозаводы) выступают связующим звеном между сельскохозяйственными организациями и покупателями волокна. Вместе с тем, как уже отмечалось ранее, в качестве основного технологического оборудования используются мьяльно-трепальные агрегаты российского производства МТА-1Л (2Л) (79%), технологические линии выработки длинного волокна бельгийских фирм Van Dommele engineering (4,2%) и Depoortere (14,6%), Vanhauwaert (2,1%). Для выработки короткого волокна используются куделеприготовительные агрегаты российского производства КПЛМ-2М (КПАЛ-И) (79,2%), технологическая линия выработки короткого волокна бельгийской фирмы Demetre (18,8%), Vanhauwaert (2,1%) и линия выработки короткого волокна разработки РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» ЛКЛВ-0,75 (2,1%).

Продолжительность эксплуатации мьяльно-трепальных агрегатов МТА-1Л – 24 и более лет, МТА-2Л – более 10 лет. При плановом сроке службы агрегатов в 10 лет, их работоспособность поддерживается за счет замены основных рабочих органов и быстроизнашивающихся узлов с деталями, которые изготавливаются на отечественных предприятиях. Ко всему следует отметить, что данные технологические цепочки предназначены для переработки льнотресты в снопах. При повсеместном переходе на использование в качестве упаковок рулонов, данное оборудование не позволяет обеспечивать требуемые параметры технологического процесса выработки

длинного волокна. Наиболее изношенным на льнозаводах является технологическое оборудование выработки короткого волокна. Так, куделеприготовительные агрегаты российского производства КПЛМ-2М эксплуатируются с 1982 года, а КПАЛ-И – с 2001 года. Конструктивные особенности машин, разработку которых проводили более 40 лет назад; использование в качестве основного материала практически для всех основных узлов и многих рабочих органов чугуна, срок службы которого иногда не превышает полугода; значительный физический износ многих узлов и деталей; отсутствие сервисной поддержки (завод-изготовитель «Псковмаш», из-за банкротства, с 2008 года не занимается выпуском данного оборудования и запасных частей к нему) – все вышеперечисленное не позволяет поддерживать на должном уровне регламентированные параметры линии переработки отходов трепания льнотресты, и, как следствие, вырабатывать качественное волокно.

Заключение

Анализ исследований показывает, что стратегической целью развития льняной отрасли Республики Беларусь на ближайшие годы является достижение высокого качества льнопродукции, ее рентабельной реализации всеми уровнями льняной отрасли в рыночных условиях как на внутренних, так и внешних рынках. Добиться этого можно лишь путем вывода отрасли на современный технологический уровень, подготовив и осуществив комплекс мер по двум направлениям: по техническому переоснащению отрасли и совершенствованию организации производства.

Основной стратегией модернизации организаций по первичной переработке льна является приобретение нового современного оборудования по мере повышения качества льнотресты, обновление имеющегося оборудования для обеспечения реальных мощностей переработки длинного и короткого льноволокна. На наиболее успешно работающих льнозаводах целесообразно провести полное технологическое обновление посредством разработки отечественных, а так же закупке изготовленных совместно с ведущими мировыми производителями и адаптированным к условиям республики линий для производства. На других льнозаводах следует осуществить техническую модернизацию уже действующих линий.

При переоснащении льнозаводов современными линиями переработки льнотресты, стоимость оборудования может быть значительно снижена за счет применения отечественных машин и закупке отдельных, наиболее сложных, высокотехнологичных машин за рубежом. Набор машин и конструкция мяльно-трепального агрегата в технологических линиях фирм Van Dommele engineering, Depoortere и Vanhauwaert – аналогичны.

Снижение стоимости реконструкции предприятий можно обеспечить за счет использования более компактных по габаритам, менее металлоемких и энергоемких линий, сокращения в технологическом процессе отдельных малозначимых операций. Такое оборудование предполагается устанавливать в существующие производственные корпуса, что позволит, наряду со снижением стоимости работ по реконструкции, также сократить их сроки проведения.

В целях снижения себестоимости конечной продукции подкомплекса, с одновременным сокращением объемов низкокачественного сырья за счет интенсификации уборки льна, необходимо приступить к разработке новых направлений его использования (сфер применения), а также технологий и оборудования, соответствующих им.

Список использованных источников

1. Льняной комплекс России в контексте структурной перестройки экономики страны: инновации в производстве товаров нового поколения из льна: материалы Междунар. научно-практической конф. Рос., Вологда, 28 февраля 2005 г. / ФГУП «ИНИИ комп. авт. легкой пром.; В. А. Грищенко (отв. ред.) [и др.]. – Вологда, 2005.
2. Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX-2016) [Текст]: сб. материалов XIX Междунар. науч.-практ. форума, 23–27 мая 2016 года. – Иваново: ИВГПУ, 2016. – Ч. 1. – 404 с.
3. Конога, П. Почему наши производители вынуждены закупать импортное льноволокно и льняные ткани / П. Конога // Рэспубліка. – 2018. – 29 марта.
4. Информация по обеспечению потребности РУПТП «Оршанский льнокомбинат» льноволокном [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.bellegprom.by/upload/SMI/092018/smi0924.pdf> – Дата доступа 20.05.2019.
5. Как повысить эффективность льноотрасли? Итоги поездки Президента в Оршанский район [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://bellegprom.by/upload/SMI/122018/smi1203.php>. – 18.09.2019.

А. Н. Перепечаев, Е. Л. Жилич

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

СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ ЗЕРНА И ЗЕРНОВОГО ВОРОХА ПРИ ХРАНЕНИИ В СКЛАДАХ АМБАРНОГО ТИПА И ПРИ ВРЕМЕННОМ ХРАНЕНИИ НА ПЛОЩАДКАХ

В статье проведен анализ причин потерь зерна и семян при хранении, обоснована необходимость создания оборудования для обеспечения активного вентилирования зерна и зернового вороха при хранении.

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

Зерно – плод (семя) зерновых культур (злаковых растений), используемый для питания людей и в качестве корма для животных, имеет важное значение как незаменимый источник пищи – этому есть ряд основных причин:

- высокая пищевая ценность;
- сохранность в течение длительного времени при соблюдении определенных условий хранения;
- относительно небольшие затраты труда на выращивание злаковых растений на различных типах почвы и в различных климатических зонах;
- возможность использования в различных сферах деятельности.

Однако процесс хранения зерна, имеет много трудностей, обусловленных тем, что каждое семя (зерновка) представляет собой живой организм, живую биологическую систему, способную погибнуть [1].

Кроме того, при существующих технологиях выращивания и уборки зерновых, на хранение поступает не собственно зерно, а зерновая масса, включающая в себя кондиционное зерно (семена) злаковой культуры, зерно с механическими повреждениями, семена других культур и сорных растений, части стеблей растений, песок, пыль, частицы почвы, вредителей зерна. Обеспечить сохранность многокомпонентной зерновой массы гораздо сложнее, чем только зерновок.

Основная часть

Во время развития и созревания в поле, зерна не одновременно проходят стадии: восковой спелости (количество сухого вещества в нем максимальное, влажность – примерно 30%); созревания (влажность снижается); полной спелости (при сухой погоде влажность снижается до 14%), соответственно все зерна будут иметь различную спелость [2]. Уборка урожая, погодные условия и продолжительность уборки, могут также изменить показатели зерновой массы.

Накоплен большой экспериментальный материал, показывающий, что, после выделения зерна из колоса, сложные биохимические процессы не прекращаются и комплекс биохимических процессов, в течение которого идет дозревание семян, продолжает протекать: заканчиваются процессы синтеза полисахаридов, белков и жиров; завершается синтез белков с одновременным уменьшением небелкового азота; белки клейковины уплотняются, ее качество улучшается; количество жира и других липидов в зерне возрастает, содержание свободных жирных кислот снижается, кислотное число жира и кислотность титруемой спиртовой вытяжки уменьшаются. Одновременно активность ферментов, в частности амилолитического комплекса, каталазы и монофенол-моноксигеназы ослабевает, что свидетельствует о замедлении окислительно-восстановительных процессов в зерне.

Важнейшее значение для протекания послеуборочного дозревания при хранении, имеют влажность и температура зерновой массы, степень ее аэрации и состав воздуха межзерновых пространств. Значение влажности состоит в том, что для дозревания необходимо преобладание синтетических реакций над реакциями распада, что возможно только при низкой влажности зерна. Отсюда вытекает, что для скорейшего прохождения периода послеуборочного дозревания, зерно должно иметь влажность ниже критической. Эти условия обеспечивают лучшую сохранность свежееубранного зерна. Семена наиболее быстро дозревают при температуре 15...30 °C и более [3].

Свободный приток воздуха к семенам при дозревании обеспечивает подвод к ним кислорода, а также способствует отводу тепла и влаги, выделяемых при дыхании. Следовательно, наиболее интенсивно послеуборочное дозревание протекает при активном доступе воздуха к семенам. Кислород ускоряет послеуборочное дозревание, недостаток его и накопление в зерновой массе диоксида углерода замедляют дозревание. Подобное явление наблюдается при анаэробном дыхании: дозревание может полностью прекратиться, а всхожесть семян понизиться. Знания о сущности послеуборочного дозревания позволили разработать меры по созданию наиболее благоприятных условий для сохранности урожая и ускорению дозревания.

Наиболее действенные меры – снижение влажности зерна (сушка) в сушильных установках с активным вентилированием. Сушка свежееубранного зерна пшеницы при 45 °C дает наилучшие результаты. При тепловой сушке наибольшее значение имеет скорость удаления влаги из зерна.

Очень эффективно активное вентилирование (при сухом воздухе и его температуре выше 20 °C). Продолжительность периода послеуборочного дозревания – наследственный признак культуры и сорта.

При благоприятных естественных условиях хранения, процессы послеуборочного дозревания зерна пшеницы заканчиваются в течение 1,0...1,5 месяца, а на севере протекают еще дольше. При умелой искусственной сушке, этот срок можно сократить до 2...3 недель. Непродолжительный период послеуборочного дозревания у ржи 10... 15 суток, овса 20 суток, а самый продолжительный период у ячменя до 6...8 месяцев. Семена масличных культур также имеют период послеуборочного дозревания. Семена кукурузы после удаления из них избытка влаги сразу же становятся физиологически полноценными [4].

Отрицательная температура, хотя и не приостанавливает послеуборочного дозревания полностью, но резко его замедляет. В Сибири, вследствие тормозящего действия низких температур, незаконченность дозревания семян растягивается во времени до весеннего сева. Продолжительный период послеуборочного дозревания, нежелательный с точки зрения хранения и переработки зерна, в ряде случаев, играет положительную роль. Например, культура и сорт с длительным периодом послеуборочного дозревания, представляют хозяйственную ценность в районах с сырой осенью, так как это исключает прорастание зерна на корню в колосьях в дождливую погоду.

Сравнительно высокая температура и недостаточное количество осадков в период образования зерна и его налива обуславливают у озимой пшеницы тенденцию к сокращению продолжительности послеуборочного дозревания. В условиях низкой температуры и лучшей влагообеспеченности у семян более продолжительный период послеуборочного дозревания.

Опасная ситуация создается при повышении влажности или температуры зерна и, особенно, при совместном действии этих факторов. Связано это с тем, что при влажности зерна 14–15% резко возрастает интенсивность его дыхания, а так же растут и потери сухого вещества. Так, семена проса с влажностью 14–15% дышат в 2–4 раза интенсивнее, чем с влажностью 13%. Сырое зерно пшеницы с влажностью более 17% дышит в 20–30 раз интенсивнее по сравнению с сухим. Если влажность зерна ржи повышается от 15 до 20%, интенсивность его дыхания возрастает в 35 раз. Таким образом, интенсивность дыхания зерна активизируется под воздействием влажности и температуры, что вызывает значительные среднесуточные потери массы сухого вещества. Первые порции влаги, поглощаемые сухим зерном, усиливают его дыхание незначительно. По мере достижения зерном определенного уровня влажности (для большинства зерновых культур – около 15%) интенсивность дыхания резко возрастает. Влажность зерна, начиная с которой резко усиливаются физиолого-биохимические и микробиологические процессы и изменяются условия хранения, называется критической [5].

Для большинства сельскохозяйственных культур критическая влажность соответствует равновесной влажности зерна, которая устанавливается на уровне 75% относительной влажности воздуха. Если влажность окружающей среды выше 65%, возможно увлажнение сухой зерновой массы и ухудшение ее хранения. В семенах масличных культур, по сравнению с зерном злаковых, значение критической влажности меньше, что объясняется значительным содержанием в них липидов – гидрофобных веществ, которые не способны связывать влагу. Зерновая масса в сухом состоянии (влажность ниже критической) устойчива при хранении и требует меньшего ухода, чем во влажном и сыром, так как влажное (сырое) зерно довольно интенсивно дышит и может портиться при хранении вследствие самосогревания. Влажность зерновых злаковых более 14,5% может вызывать самосогревание зерна. Однако это явление при наличии перепада температур может возникнуть даже в насыпи относительно сухого зерна: например, в металлическом силосе, южная сторона которого нагрета солнцем. Под влиянием градиента температуры возникает перемещение влаги из нагретых участков насыпи до охлажденных, а длинный перепад температур вызывает заметную разницу влажности зерна. Еще более опасны неплотности в стене силоса: влага может проникать внутрь во время осадков или в результате конденсации паров воды при снижении температуры воздуха или при низкой температуре зерна в силосе. В первые сутки пристенные слои семян толщиной 1 см увлажняются почти на 5%, в течение следующих двух недель – еще на 1–2%, а этот показатель, почти во всех случаях, достаточен для начала самосогревания. При этом интенсивность дыхания зерна в увлажненном пристенном слое, в течение первых двух суток, возрастает в десять раз, а после трех суток – в сотни и тысячи раз. Соответственно повышается температура и, в дальнейшем, процесс стремительно развивается с полной порчей зерна. Через пять суток потери сухих веществ возрастают в 1000 раз, резко возрастает кислотное число жира, всхожесть снижается на 10–15%.

Помимо этого в зерновых с повышенной влажностью, начинают резко развиваться плесневые грибы. Так, если зерно пшеницы, поражено грибами *Penicillium*, то потери сухих веществ составляют 2,3%, а при поражении грибами *Aspergillus flavus* – 17,3%. При поражении макромицетами рода *Aspergillus*, потери зерна находятся в пределах 4–6%. Главным условием предупреждения развития микроорганизмов, образования микотоксинов и, одновременно с этим, обеспечение сохранности зерна является недопущение самосогревания. Поэтому при поступлении влажного зерна, необходимо провести его сушку или временную консервацию.

Ещё большую актуальность приобретает активная продувка зерна, привезенного с поля (вороха) и не имеющего возможности сразу попасть на пункты первичной переработки. Свежеубранная зерновая масса очень разнообразна по своему составу, имеет высокую засоренность, влажность, различную микрофлору (табл. 1) [6]. Зерновой ворох физиологически очень активен, и его нельзя сохранить без потерь и ухудшения качества продукции.

Улучшить показатели влажности и засоренности можно своевременной уборкой, когда семена имеют наименьшую влажность, хорошо отрегулированные комбайны, квалифицированные работники и многое другое. Однако это не всегда возможно в виду того, что погодные условия в республике зачастую являются не благоприятными, при этом уборку необходимо проводить

Т а б л и ц а 1. Характеристика зернового вороха поступающего на ток

Культура	Влажность %	Засоренность %	
		всего	в т. ч. соломистая примесь
Озимая рожь	24,0	10,0	4,0
Пшеница	23,0	15,0	4,0
Ячмень	25,0	9	3,0
Овес	21,0	14,0	7,0
Горох	20,0	20,0	2,0

вовремя. Задержка с уборкой урожая в данном случае имеет более негативные последствия в части потери урожая от самоосыпания и достигает 1 ц/га за каждый дополнительный день уборки (свыше агротехнического срока) (табл. 2).

Т а б л и ц а 2. Продолжительность (суток) безопасного срока хранения свежесобраных семян зерновых культур активным вентилированием при температуре воздуха 19–20 °С [6]

Влажность семян, %	Рожь	Пшеница	Ячмень
17,1–18,0	14–16	18–20	24–26
19,1–20,0	8–10	10–12	46–20
21,0–22,0	6–7	8–9	12–15
22,1–24,0	4–5	5–6	8–10
24,1–26,0	2–3	2,5–3	4–5
26,1–28,0	1	1–2	2–3

Т а б л и ц а 3. Безопасный срок хранения семян в зависимости от их влажности, температуры

Влажность зерна	Температура зерна, °С	Безопасные сроки хранения		
		семян	продовольственного зерна	фуражного зерна
15–16,5	8–10	1,0–1,5 года	Длительно	Длительно
16,5–18,0	5–7	4,0–6,0 мес	8–14 мес	10–20 мес
18,0–20,0	5	2,0–3,0 мес	6–10 мес	8–16 мес
20,0–22,0	5	3,0–4,0 недели	8–12 недель	16–40 недель
22,0–25,0	5	1,0–2,0 недели	3–8 недель	10–20 недель
25,0–30,0	4–5	2,0–3,0 дня	5–10 дней	14–30 дней

Одна из основных задач, решаемых с помощью активного вентилирования, – временная консервация свежесобранного зерна повышенной влажности. Она заключается в обработке предварительно очищенного свежесобранного зернового вороха воздушным потоком для снижения его температуры, некоторого выравнивания влажности между отдельными компонентами и участками зерновой насыпи. Консервация свежесобранного зерна активным вентилированием позволяет в 3–4 раза увеличить срок его безопасного хранения до сушки. Для семян основных зерновых культур сроки безопасного хранения, при активном вентилировании воздухом температурой 18–20 °С (табл. 3). Если погодные условия позволяют охладить зерно до температуры 14–15 °С, то сроки безопасного хранения увеличиваются примерно в 2 раза, по сравнению с приведенными в таблице, а при охлаждении до температуры 10 °С – возрастают в 3–4 раза.

В настоящее время в хозяйствах республики практически отсутствует оборудование для режимного хранения и вентилирования зерна и зернового вороха. Задача сохранения зернового материала решается различными способами: такими как перелопачивание, прогон зерна через зернопогрузчики и зернометатели, что является весьма энергоемким и зачастую приводит к дополнительным потерям зерна в виде дробления и микротравмирования.

Заключение

Применение систем вентиляции обеспечит повышение гибкости уборочного процесса, улучшит процесс соблюдения контроля за качеством зерна при уборке и хранении, а также доработке.

Без применения современных систем вентилирования зерна, невозможно избежать потерь и сохранить его качества при хранении.

Профилактическое вентилирование применяют для освежения воздуха межзерновых пространств, выравнивания температуры и влажности в объеме зерновой насыпи, ликвидации амбарного запаха, сохранения жизнеспособности семян, предотвращения возникновения очагов самосогревания и некоторых других причин порчи зерна.

Все выше сказанное обуславливает необходимость создания и разработки универсального дешевого оборудования для активного вентилирования зерна и зернового вороха не всех стадиях его хранения и промежуточных стадиях переработки.

Список использованных источников

1. Юдаев, Н. В. Элеваторы, склады, зерносушилки: учеб. пособие / Н. В. Юдаев. – ГИОРД, 2008. – 128 с.
2. Хранение зерна [Электронный ресурс] Режим доступа: http://geolike.ru/page/gl_2211.htm – Дата доступа 20.05.2019.
3. Особенности состояния и качества зерна. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://helpiks.org/8-70976.html>. – Дата доступа 20.05.2019.
4. Хранение и переработка продукции растениеводства. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://bibook.ru/books/21971/default.htm>. – Дата доступа 20.05.2019.
5. Потери зерна: причины, последствия и способы предотвращения [Электронный ресурс] Режим доступа: http://agroinformet.com/article_view/60/потери_зерна:_причины.html. – Дата доступа 20.05.2019.
6. Активное вентилирование зерновых масс [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://pandia.ru/text/78/312/54773.php>. – Дата доступа 20.05.2019.

УДК 631.316(476)

Поступила в редакцию 18.08.2019

Received 18.08.2019

А. И. Филиппов¹, А. И. Заяц¹, Н. Д. Лепешкин², В. П. Чеботарев³

¹УО «Гродненский государственный аграрный университет», г. Гродно, Республика Беларусь
e-mail: kafmehan@mail.ru

²РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: belagrotechm@tut.by

³УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: v.p.chebotarev@tut.by

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ И КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОФИЛЕФОРМОВАТЕЛЯ УЗКОПРОФИЛЬНЫХ ГРЯД

В данной статье приводятся технические и конструктивные параметры разработанного и предложенного нами профилеформователя. Данный профилеформователь рекомендуется для использования в составе агрегата АУ-М2 при довсходовой обработке гряд картофеля и придания поверхности гряд трапециевидной формы, одновременно с уплотнением верхнего слоя почвы и лучшего прорастания семян сорняков, чтобы можно было их удалить еще до всходов картофеля, что имеет большое значение при экологическом земледелии.

Ключевые слова: гряды, картофель, трапециевидная форма, уплотнение, сорняки, всходы, агрегат, рабочие органы, обработка, профилеформователь, экологическое земледелие.

SUBSTANTIATION OF TECHNICAL AND CONSTRUCTIVE FORMER PARAMETERS NARROW PROFILE RIDES

This article presents the technical and design parameters of the profiler former developed and proposed by us. This profiler is recommended for use as part of the AU-M2 unit for pre-emergence processing of potato ridges and giving the surface of trapezoidal ridges, simultaneously with the compaction of the topsoil and better weed seed germination, so that they can be removed even before the potato shoots, which is of great importance for ecological farming.

Key words: ridges, potatoes, trapezoidal shape, compaction, weeds, sprouts, aggregate, working organs, processing, shaper, ecological farming.

Введение

Один из путей снижения себестоимости – внедрение новейших технологий возделывания. Новые методики включают в себя новый, научно-обоснованный комплекс комбинированных агрегатов, выполняющих за один проход по полю несколько технологических операций передовыми способами борьбы с сорной растительностью и позволяющими сократить до минимума число междурядных обработок, снизить расход топлива и дорогостоящих препаратов, а также обеспечить безопасность их выполнения для окружающей среды.

Основная часть

Задачей данной разработки является формирование поверхности узкопрофильных гряд из смещенной почвы, в результате междурядных обработок, в первоначально образованный профиль посадочных рядов. Микрорыхление поверхностного слоя почвы узкопрофильных посевных полос с одновременным уничтожением сорняков.

Профилеформователь узкопрофильных гряд используется в составе комбинированных агрегатов и предназначен для смещения почвы из борозды на узкопрофильные ряды после проведения полного цикла механического уничтожения сорной растительности в довсходовый период возделывания картофеля.

При этом предусматривается возможность с различной степенью уплотнения верхней и частично боковой поверхности узкопрофильных гряд, а также мелкое рыхление почвы на поверхности посевных рядов [1; 2].

Данное устройство должно формировать поверхность узкопрофильных гряд из смещенной почвы, в результате междурядных обработок, в первоначально образованный профиль посевных рядов, и осуществлять на них микрорыхление поверхностного слоя почвы. На (рис. 1) изображена схема профилеформователя узкопрофильных гряд (вид сбоку).

Профилеформователь узкопрофильных гряд содержит (рис. 1 и рис. 3): *стойку 1, втулку 2, болты стопорные 3, трубу несущую 4, пружину кручения 5, зубья 6, болт фиксирующий 7, кожух профилеформователя 8, рыхлительные зубья 9* [3; 4].

Перед работой по формированию узкопрофильных гряд, профилеформователь устанавливают на поперечную балку культиватора и через *стойку 1* закрепляют на требуемой высоте. Далее устанавливают *кожух профилеформователя*. При этом отпускают установленные во *втулке 2* *болты стопорные 3* и поворачивают *несущую трубу 4* вместе с установленной на ней *пружиной кручения 5*, которая через *зуб 6* пружины кручения прижимает к почве *кожух профилеформо-*

вателя 8 с требуемым усилием. После чего стопорными болтами 3 закрепляют несущую трубу 4 с пружиной кручения 5. В задней части кожуха профилеформователя устанавливают рыхлительные зубья 9 на требуемую глубину [4; 5].

Результаты исследований

При движении агрегата после механической обработки почвы всеми рабочими органами по всей поверхности узкопрофильных гряд, смещенную с профиля гряд почву, кожухом профилеформователя 8 располагают в виде первоначального сформированного профиля гряд и уплотняют. Затем рыхлительные зубья производят рыхление поверхностного слоя почвы [6; 7; 8].

Т а б л и ц а 1. Технические и конструктивные параметры экспериментального образца профилеформователя узкопрофильных гряд

Тип	Навесной
Форма рабочей части	Трапецевидная
Ширина с верхней части, мм	200
Боковые стороны кожуха выполнены в виде треугольной формы и изогнуты под углом °С	20
Кожух крепиться к пружинным зубьям диаметр несущей трубы, мм	34
Несущая труба размещается во втулке и жестко фиксируется болтами	
Пружины прижимные устанавливаются на несущую трубу, и жестко фиксируется на ней болтами	
Усилия прижима кожуха к почве, кг	2,1...4
На вершине кожуха с задней части установлены зубья рыхлителя	

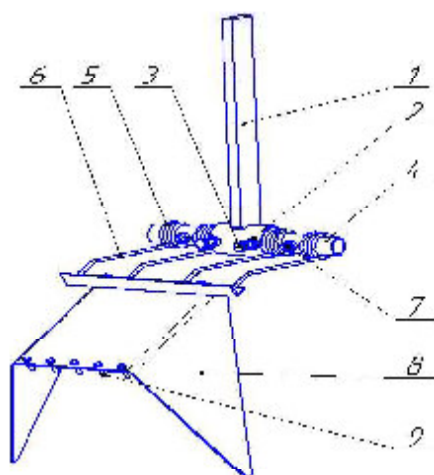


Рис. 1. – Схема профилеформователя узкопрофильных гряд для установки на агрегат универсальный АУ-М2 (вид с боку)

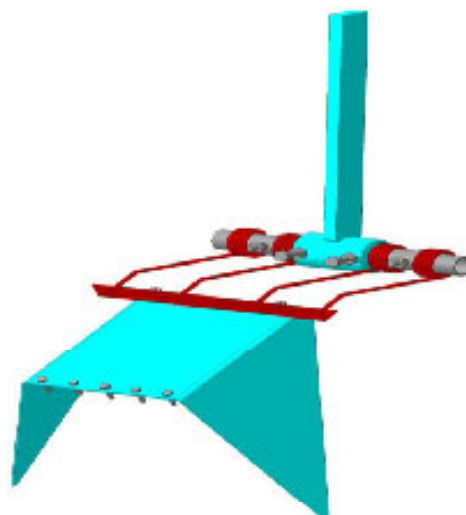


Рис. 2. – Профилеформователь узкопрофильных гряд для установки на агрегат универсальный АУ-М2 (3D модель)



Рис. 3. – Профилеформователь узкопрофильных гряд для установки на агрегат универсальный АУ-М2 (фото комплекта)

Формование узкопрофильных гряд данным устройством, позволяет, после каждой между-рядной обработки в предпосевной и довсходовый периоды, располагать ранее смещенную почву в исходное положение – в первоначально образованный профиль формирования гряд. В последующий период, в этом слое почвы, появятся проростки и всходы сорных растений, которые повторно будут уничтожены механическим путем. В результате, после каждого профилеформования обрабатываемой и смещаемой в исходное положение почвы в процессе её обработки, создаются условия для повторного прорастания оставшихся всхожих семян, не взошедших после первой обработки почвы. Это позволяет максимально уничтожить сорные растения механическим способом в предпосевной и довсходовый периоды. Микроповерхностное рыхление почвы, после ее профилеформования и уплотнения, также обеспечивает сохранение влажности почвы с одновременным уничтожением сорняков[9; 10; 11].

Заключение

Предлагаемый профилеформователь восстанавливает первоначально созданный профиль узкопрофильных гряд после каждой механической обработки. Учитывая возможность прорастания сорных растений в период между обработками, механизм дает возможность свести к минимуму количество всхожих семян сорных растений в поверхностном слое почвы путем многократного механического уничтожения ненужных проростков и всходов.

Появившиеся отдельные всходы сорных растений в период вегетации возделываемых культур находятся, как правило, в пределе экономического порога вредоносности и не оказывают влияние на урожайность.

Отдельно стоящие сорные растения легко уничтожаются вручную, благодаря применению имеющейся платформы для размещения рабочих.

В результате такой обработки почвы исключается использование гербицидов в системе экологического земледелия в процессе возделывания картофеля, овощных, пряно-ароматических, лекарственных и других культур возделываемых на узкопрофильных грядах.

Список использованных источников

1. Заяц Э. В. Сельскохозяйственные машины: учебник / Э. В. Заяц. – Минск: ИВЦ Минфина, 2016. – 432 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. – 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.- 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». – г. Минск, 2017. – С. 100–113.
6. 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. – ГГАУ, 2018. – С. 182–185.
7. 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.
8. 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. – ГГАУ, 2018 г. – С. 139–142.
9. 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.

10. Филиппов, А. И. Агрегат комбинированный для обработки профилированной поверхности почвы / А. И. Филиппов, Э. В. Заяц, А. А. Аутко, С. В. Стуканов // Материалы XXI МНПК «Технология хранения и переработки сельскохозяйственной продукции»; Гродно.- ГГАУ, 2019. – С. 255–258.

11. Заяц, Э. В. Профилеформователь с уплотняющим катком / Э. В. Заяц, А. И. Филиппов, А. А. Аутко, С. В. Стуканов // Материалы XXI МНПК «Технология хранения и переработки сельскохозяйственной продукции»; Гродно.- ГГАУ, 2019. – С. 192–194.

УДК 631.31(476)

Поступила в редакцию 22.08.2019
Received 22.08.2019

Д. В. Заяц¹, А. И. Филиппов², Н. Д. Лепешкин², В. П. Чеботарев³

¹УО «Гродненский государственный аграрный университет»,
г. Гродно, Республика Беларусь
e-mail: kafmehan@mail.ru

²РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: belagromechmo@tut.by

³УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: v.p.chebotarev@tut.by

ОБЗОР ОСНОВНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОПРЫСКИВАТЕЛЕЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ОБЪЕМНОГО И ЛЕНТОЧНОГО ВНЕСЕНИЯ РАБОЧИХ РАСТВОРОВ В СИСТЕМЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

В данной статье проведен анализ основных конструкций штанговых и вентиляторных опрыскивателей для обработки растений рабочими растворами, их устройство, технологический процесс, основные технологические регулируемые параметры как основа для разработки и создания опрыскивателя для объемного и ленточного внесения рабочих растворов в системе экологического земледелия.

Ключевые слова: опрыскиватели, штанговые, вентиляторные, распылители, рабочие растворы, технологический процесс, регулируемые параметры, экологическое земледелие.

E. V. Zayats¹, N. D. Lepeshkin², A. I. Filippov², V. P. Chebotarev³

¹ Education Establishment "Grodno State Agrarian University",
Grodno, Republic of Belarus
e-mail: kafmehan@mail.ru

²RUE "SPC NAS of Belarus of Agriculture Mechanization",
Minsk, Republic of Belarus
e-mail: belagromechmo@tut.by

³EE "Belarusian State Agrarian Technical University",
Minsk, Belarus e-mail: v.p.chebotarev@tut.by

REVIEW OF THE MAIN STRUCTURES OF SPRAYERS WHEN DEVELOPING VOLUME AND BELT DISTRIBUTION OF WORKING SOLUTIONS IN THE SYSTEM OF ECOLOGICAL AGRICULTURE

This article analyzes the main constructions of shtangovye and fan sprayers for treating plants with working solutions, as well as their design, technological process, main technological adjustable parameters, as the basis for the design and creation of a sprayer for volumetric and tape application of working solutions in the system of ecological farming.

Keywords: sprayers, rod, fan, sprayers, working solutions, technological process, adjustable parameters, ecological agriculture.

Введение

Опрыскиватели предназначены для дробления (диспергирования) растворов пестицидов и равномерного нанесения их в мелко-распыленном виде на растения или почву с целью борьбы с вредителями, возбудителями болезней, уничтожения сорняков, дефолиации листьев и десикации растений. Аппараты могут также применяться для внесения жидких минеральных удобрений.

В зависимости от доз внесения растворов пестицидов на единицу обрабатываемой площади, различают полнообъемные (>300 л/га), среднеобъемные (100...300 л/га), малообъемные (25...100 л/га) и ультрамалообъемные (<5 л/га) опрыскиватели.

По назначению опрыскиватели подразделяют на специализированные и универсальные. Первыми обрабатывают одну культуру, вторыми несколько.

По способу агрегатирования – на самоходные, прицепные, полунавесные, навесные и монтируемые.

По типу распыливающе-распределительного устройства – на штанговые, вентиляторные, комбинированные, или штанговые с воздушным сопровождением и бранспойтные.

Основная часть

Опрыскиватели, как правило, состоят из резервуаров, насосов, фильтров, регуляторов давления, распыливающе-распределительных и заправочных устройств (рис. 1).

Типовой технологический процесс опрыскивателя заключается в следующем: рабочая жидкость забирается из бака и под давлением насоса подается через регулятор давления и фильтры к распылителям, а затем наносится в мелкораспыленном виде на растение или почву. Для увеличения дальности выброса капель и улучшения их распыла, рабочий раствор может подаваться через распылители в движущийся воздушный поток.

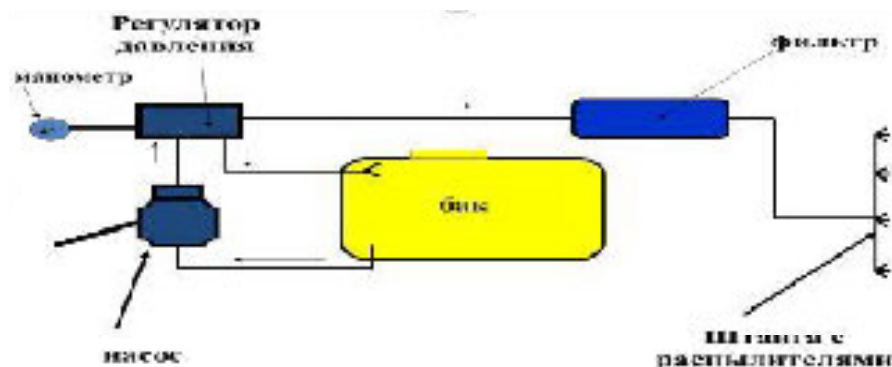


Рис. 1. – Типовая схема опрыскивателя

Опрыскиватели комплектуются тремя типами резервуаров: рабочим для раствора пестицида, дополнительным для промывки системы и вспомогательным для мытья рук.

При наличии в рабочем резервуаре опрыскивателя перемешивающих устройств, рабочие растворы могут приготавливаться из легкорастворимых пестицидов непосредственно в резервуаре опрыскивателя. Рабочие растворы пестицидов могут также замешиваться специальными машинами типа АПЖ-12.

Рабочие резервуары опрыскивателей предназначены для хранения запаса рабочего раствора пестицида, необходимого для непрерывной работы в течение длительного времени. Емкости снабжаются указателем уровня поплавкового типа или водомерной трубкой, а также заправочной горловиной с фильтром, клапаном для выравнивания давления и гидравлической или механической мешалкой.

Насосы предназначены для подачи рабочего раствора пестицида к распыливающим устройствам, а также для самозаправки, приготовления и перемешивания рабочего раствора. На опры-

скивателях, чаще других, устанавливаются центробежные поршневые и мембранно-поршневые насосы. Основными характеристиками насоса являются подача (л/мин) и создаваемое давление (МПа).

Фильтры предназначены для очистки воды при заправке резервуара опрыскивателя и для очистки рабочего раствора пестицида при подаче его к распылителям, чтобы исключить возможность засорения распылителей, в результате чего может произойти нарушение работы клапанов насосов, регулятора давления и спровоцировать повышенный износ рабочих органов. Для нормальной работы фильтров периодически необходимо извлекать и промывать их фильтрующие элементы.

Регуляторы давления служат для изменения и поддержания необходимого рабочего давления жидкости в напорной системе опрыскивателя. Сдвоенный регулятор давления состоит из редуциционного и предохранительного клапанов, прижатых пружинами к седлам.

Распыливающе-распределительные устройства служат для перемещения рабочего раствора пестицида и нанесения его на объект обработки. Применяются вентиляторные, штанговые, штанговые с воздушным сопровождением, или комбинированные и бранспойтные распределительные устройства.

Вентиляторное распыливающе-распределительное устройство состоит из вентилятора, создающего воздушный поток, и распылителей, установленных в зоне действия воздушного потока. Распределение пестицида по ширине захвата осуществляется за счет воздушного потока, создаваемого вентилятором, а также за счет энергии попутного ветра.

Важным фактором качественной работы штанги является укомплектование ее исправными распылителями. Для этого у каждого распылителя замеряют с помощью линейки половинные углы α_1 и α_2 факела распыла и минутный расход рабочей жидкости, путем сбора ее в емкости. Распылители с разностью углов α_1 и α_2 более 10° и отклонением расхода жидкости от заданного более чем на $\pm 10\%$ выбраковывают.

Штанговые опрыскиватели обеспечивают высокую равномерность распределения рабочей жидкости по ширине захвата агрегата и минимальный снос капель жидкости ветром.

Штанговое распыливающе-распределительное устройство с воздушным сопровождением, или комбинированное состоит из штанги с распылителями, вентилятора и воздухопроводов, расположенных вдоль штанги. Во время работы таких устройств поток жидкости вначале дробится распылителями на капли, а затем воздушным потоком, выходящим из продольной щели воздуховода, капли принудительно осаждаются вниз. При этом поверхность листьев растений равномерно обрабатывается со всех сторон, снижаются потери пестицида, уменьшается влияние ветра на снос капель и расход пестицида.

Бранспойт предназначен для опрыскивания вручную отдельных невысоких деревьев, различных посадок и складских помещений.

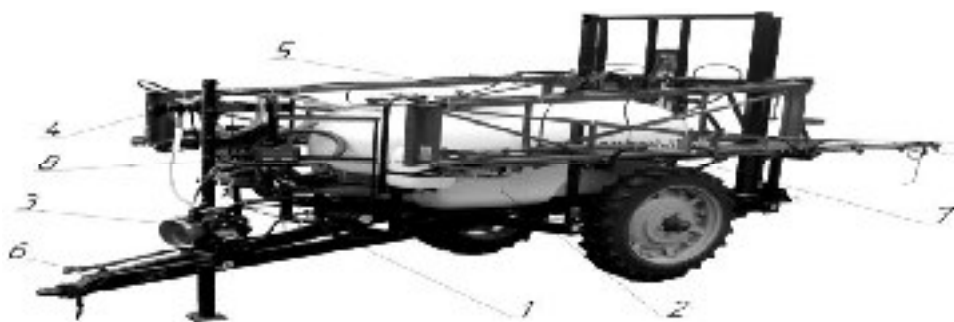
Опрыскиватель прицепной штанговый «Мекосан 2000-18» предназначен для химической защиты растений полевых культур от сорняков, вредителей и болезней пестицидами, а также для внесения жидких комплексных удобрений путем поверхностного разбрызгивания.

Опрыскиватель может работать со всеми пестицидами, применяемыми в сельском хозяйстве в виде растворов и эмульсий, а также с жидкими минеральными удобрениями.

Опрыскиватель «Мекосан 2000-18» агрегируется с тракторами класса 14 кН. Рабочая ширина захвата 18 м. Рабочая скорость 4...12 км/ч. Диапазон доз при опрыскивании 100...400 л/га, при внесении жидких минеральных удобрений – 100...600 л/га.

Опрыскиватель (рис. 2) состоит из шасси 1, емкости 2, насоса 3, регулятора 4, штанги 5, элементов гидросистемы 6, напорной магистрали 7, всасывающей магистрали, механизмов привода.

Для облегчения работы оператора в плане соблюдения заданной гектарной нормы расхода рабочей жидкости при возможном изменении скорости движения агрегата, повышения при этом качества выполнения технологического процесса, информирования об отклонениях и неполадках в системе во время работы, дистанционного управления машиной при технологической настройке и во время работы прямо из кабины трактора и выполнения ряда других функций, на опрыскивателе может быть установлено оборудование с компьютером Bravo 300S.



1 – шасси; 2 – емкость; 3 – насос; 4 – регулятор; 5 – штанга; 6 – элементы гидросистемы; 7 – напорная магистраль; 8 – компьютерный модуль (устанавливается в кабине трактора)

Рис. 2. – Общий вид опрыскивателя «Мекосан 2000-18»

Компьютер позволяет считывать, суммировать и фиксировать следующие показатели: обработанную площадь – га; количество вылитой жидкости – л; отработанное время – ч; пройденное расстояние – км.

Кроме того, отображается: доза внесения (вылива) – л/га; скорость движения агрегата – км/ч; минутный расход рабочей жидкости – л/мин; давление жидкости – бар или psi; уровень оставшейся жидкости в баке – л.

Доза рабочей жидкости (л/га) зависит от скорости движения и расхода за то же время. При этом расход рабочей жидкости через распылители, зависит от размера выходного сечения и от давления жидкости, поэтому для поддержания требуемой дозы вылива, микропроцессору компьютера требуется контролировать скорость движения (используется индукционный датчик скорости) и контролировать расход рабочей жидкости (используется расходомер).

При отклонениях от заданной скорости движения, компьютер мгновенно дает сигнал на изменение давления, при этом расход рабочей жидкости изменяется, но гектарная норма вылива остается неизменной.

Аналогично устроены и работают опрыскиватели ОПШТ-2500-18К, ОПШТ-2500-24К, ОПШТ-3000-18К, Мекосан-24П и др. Опрыскиватели ИБИС-2400П, Мекосан-Techoma Laser 4240 выполнены самоходными.

Опрыскиватель ЗУБР ПВ 1000 выполнен в виде одноосного полуприцепного агрегата (рис. 3). Состоит из 1 – прицепного устройства; 2 – насоса; 3 – регулятора давления; 4 – основного бака; 5 – бачка для мытья рук; 6 – заправочной горловины размывателя; 7 – заправочной горловины основного бака; 8 – вентиляторной приставки типа «Колонна»; 9 – бака для промывки системы; 10 – опорно-ходовых колес; 11 – рамы; 12 – уровнемера основного бака; 13 – ступеньки; 14 – всасывающего фильтра; 15 – сливного крана; 16 – крана 3-х ходового; 17 – напорного фильтра; 18 – опоры.

Опрыскиватель ЗУБР ПВ 1000 может агрегатироваться с тракторами класса 6, 9 и 14 кН. Вместимость основного резервуара 1000 л. Рабочая скорость 4...8 км/ч. Диапазон доз рабочей жидкости 100–450 л/га.

Промывка системы проводится ежедневно по окончании смены либо перед перерывом в работе более двух часов.

Аналогично устроены и работают опрыскиватели ЗУБР ПВ 1500 и ЗУБР ПВ 2000. Опрыскиватели вентиляторные ЗУБР НВ 400/600/800/1000 – навесные.

Опрыскиватель прицепной вентиляторный ОПВ-1200 предназначен для химической борьбы с вредителями и болезнями высокорослых многолетних насаждений методом опрыскивания. Состоит из шасси, резервуара, поршневого насоса, механизмов привода, вентилятора, распыливающего устройства, сдвоенного регулятора давления, всасывающей и нагнетательной коммуникаций. Заправка осуществляется машинами для приготовления и транспортирования рабочих растворов пестицидов. На опрыскивателе установлен сдвоенный регулятор давления.

При технологической настройке опрыскивателей выбирают тип распылителей и определяют их количество n , рассчитывают расход рабочей жидкости q (л/мин) через один распылитель,

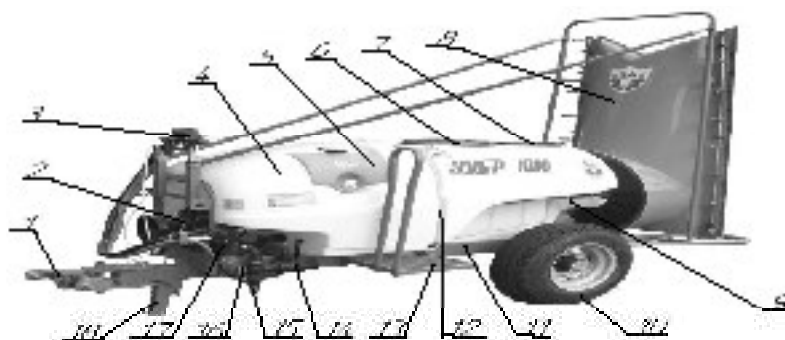


Рис. 3. – Устройство полуприцепного опрыскивателя ЗУБР ПВ 1000

определяют по таблицам инструкций заводов-изготовителей или справочников по технологической настройке, необходимое рабочее давление и устанавливают его на машине. Требуемый расход через один распылитель равен:

$$q = Q_{\text{р.ж.}} B_p V_p / 600 n, \quad (1)$$

где $Q_{\text{р.ж.}}$ – заданная норма внесения рабочей жидкости, л/га;

B_p – рабочая ширина захвата опрыскивателя, м;

V_p – рабочая скорость движения агрегата, км/ч;

n – количество распылителей.

В конце технологической настройки опрыскивателя замеряют выборочно фактический расход жидкости через один распылитель и сравнивают с расчетным. Если разница превышает $\pm 5\%$, то уменьшают или увеличивают рабочее давление.

Проверку расхода жидкости через один распылитель выполняют на чистой воде, так как наличие пестицида в воде в данном случае не меняет ее свойства. Дозу внесения рабочей жидкости контролируют также во время работы опрыскивателя. В этом случае определяют количество жидкости в резервуаре опрыскивателя, а после его опорожнения замеряют обработанную площадь и определяют фактическую дозу путем деления количества израсходованной жидкости на обработанную площадь. При технологической настройке опрыскивателя с компьютерным управлением исходные данные заносим в программу пользователя. Обработать небольшую площадь, оценить контролируемые компьютером параметры и сравнить их с нормативными.

Результаты исследований

В зависимости от нормы расхода рабочей жидкости, опрыскивание делится на большеобъемное, обычное, малообъемное и ультрамалообъемное. При ультрамалообъемном опрыскивании расход рабочей жидкости составляет до 5 л/га; при малообъемном – 10–100 л/га на полевых культурах, на многолетних насаждениях – 100–500 л/га; при обычном – 150–300 л/га на полевых культурах, на многолетних насаждениях 500–1200 л/га; при большеобъемном – свыше 300 л/га на полевых культурах, на многолетних насаждениях – свыше 1200 л/га [1].

Большеобъемное (многообъемное) опрыскивание необходимо отнести к наиболее консервативным и наименее производительным способам сплошного опрыскивания. Основной его недостаток – низкая производительность агрегатов из-за частых остановок опрыскивателя для заправки рабочей жидкостью, в результате чего коэффициент рабочего времени смены в производственных условиях иногда имеет значение менее 0,5. Ещё один недостаток данного способа – загрязнение почвы ядохимикатами, которые стекают с растений в результате излишнего смачивания ими растений.

Обычное опрыскивание нашло в настоящее время наиболее широкое применение, так как при расходах рабочей жидкости 150–300 л/га достигаются достаточно высокие качественные показатели технологического процесса, а, следовательно, и хорошая технологическая эффективность при относительно низких по сравнению с многообъемным опрыскиванием затратах труда.

Малообъемное опрыскивание является одним из наиболее прогрессивных способов применения ядохимикатов, обладающим рядом преимуществ по сравнению с обычным. При его использовании отмечается увеличение производительности машин, вследствие увеличения коэффициента использования рабочего времени смены, снижение затрат труда, более высокая дисперсность распыла, достигается более высокое качество обработки, в частности, лучшее проникновение капель в глубину растительного покрова и более высокая равномерность покрытия, отсутствие стекания рабочей жидкости с поверхности растений на почву. Осадок пестицидов, образовавшийся после испарения жидкости, дольше удерживается на растении, менее подвержен воздействию ветра, росы, дождя, солнечных лучей, сохраняя при этом токсичность к вредным организмам [2]. Недостатки этого метода – необходимость в точной дозировке препарата и распределении капель по обрабатываемому объекту. Несмотря на отмеченные недостатки, преимущества малообъемного опрыскивания неоспоримы.

Заключение

Распределение рабочей жидкости по объекту обработки зависит от ряда причин: неравномерности распределения по ширине захвата опрыскивателя и вдоль его движения, несоответствия применяемого способа доставки капель рабочей жидкости и обрабатываемого объекта, скорости ветра, состояния воздуха.

При опрыскивании полевых культур, очень важно обеспечить как можно более равномерное распределение рабочей жидкости по объему обрабатываемых растений: по всем ярусам – верхнему, среднему, нижнему; наружной (адаксиальной), а также внутренней (абаксиальной) поверхности листьев. Необходимость обработки всего растения (объемная обработка) продиктована биологическими особенностями большинства полевых сельскохозяйственных культур. Эта особенность, прежде всего, состоит в том, что вредные организмы и возбудители болезней обитают и размножаются не только на поверхности, но и во внутренней зоне растения, где формируются наиболее благоприятные условия для их жизнедеятельности.

Равномерное распределение рабочей жидкости позволяет снизить расход пестицидов без уменьшения технической эффективности. Так как стоимость пестицидов составляет более половины затрат на защиту растений, то уменьшение расхода дает значительный экономический эффект.

Неравномерность распределения по ширине захвата зависит от типа опрыскивателя, постоянства рабочего захвата, типа, конструкции и расположения распылителей.

Наиболее высокую равномерность по ширине захвата обеспечивают штанговые опрыскиватели. Равномерность распределения рабочей жидкости штанговыми опрыскивателями в 4,3 раза лучше, чем вентиляторными.

Согласно существующим агротехническим требованиям неравномерность отложений рабочей жидкости по ширине захвата при штанговом малообъемном и обычном опрыскивании не должна превышать 15%.

Список использованных источников

1. Заяц Э. В. Сельскохозяйственные машины: учебник / Э. В. Заяц. – Минск: ИВЦ Минфина, 2016. – 432 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. – ГТАУ, 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.- ГТАУ, 2017. – С. 182–184.
4. Лепешкин Н. Д. Обзор зарубежных комбинированных агрегатов/ Н. Д. Лепешкин, А. И. Филиппов, А. С. Добышев, К. Л. Пузевич// Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Беларуси и Болгарии//Материалы XX международной научно-технической конференции. – г. 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 международной научно-технической

конференции посвященной 70-летию со дня образования РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – г. Минск, 2017. – С. 100–113.

6. 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. – ГГАУ, 2018. – С. 182–185.

7. 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.

УДК 631.356-027

Поступила в редакцию 11.06.2019
Received 11.06.2019

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

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

e-mail: labpotato@mail.ru

К ВОПРОСУ СНИЖЕНИЯ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ ПРИ УБОРКЕ И ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ДОРАБОТКЕ

В статье рассматривается проблема предупреждения и снижения повреждаемости клубней картофеля на стадии уборки и послеуборочной доработки за счет высокоточного способа распознавания опасных зон в серийно выпускаемой технике.

Для решения данной проблемы предлагается разработка электронной модели клубня картофеля, способной воспринимать внешние нагрузки и мгновенно информировать оператора о наиболее опасных зонах и режимах работы оборудования.

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

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

RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»

Minsk, Republic of Belarus

e-mail: labpotato@mail.ru

TO THE QUESTION OF REDUCING DAMAGE TO POTATO TUBERS DURING HARVESTING AND POST HARVEST HANDLING

The article deals with the problem of prevention and reduction of damage to potato tubers at the stage of harvesting and post-harvest processing due to the high-precision method of recognition of hazardous areas in commercially available equipment.

To solve this problem, it is proposed to develop an electronic model of potato tubers, capable of perceiving external loads and instantly inform the operator about the most dangerous areas and operating modes of the equipment.

Keywords: detection of traumatic zones, mechanical damage, potato tubers, potato harvesting, post-harvest processing, working bodies.

Введение

Современное производство картофеля предъявляет повышенные требования к снижению повреждаемости продукции как в процессе уборки, так и в послеуборочной их доработки. Цель любого производителя в конечном итоге сводится к выгодной продаже своей продукции. Но, чтобы выгодно продать, товар должен иметь надлежащее качество и презентабельный товарный вид. Потребитель, как это ни удивительно, выбирает по внешности, и предпочитает покупать картофель с гладкой кожурой без каких-либо дефектов или пятен. А на прилавках магазинов, соответственно, остается картофель с физическими дефектами или признаками каких-либо болезней.

Основная часть

Повреждения клубней картофеля при работе машин принято разделять на два основных вида: внешнее и внутреннее.

Внешнее повреждение – это обдир кожуры, трещины и вырывы мякоти. Прочность кожуры зависит от сорта (различная её толщина и количество слоев) и степени зрелости клубней к моменту уборки. Дефекты клубней зависят от особенностей сорта, а также от температуры и влажности почвы. При низкой влажности суглинистых почв, в гребнях может содержаться значительное количество прочных почвенных комков. Мякоть клубней при этом часто бывает мягкой и легко повреждается. При высокой влажности почв клубни имеют повышенный тургор и мякоть, под воздействием механических нагрузок, трескается, образуя вырывы и потемнения. При низкой температуре почвы величина повреждений мало зависит от ее влажности, поскольку мякоть находится в напряженном состоянии и теряет эластичность.

Внутренние изъяны - это потемнение мякоти клубней от ушибов, вызываемых воздействием рабочих органов машин, а также перепадами при выгрузке клубней из бункера комбайна в транспортные средства, во время доработки клубней, при загрузке их в хранилище и в ряде других технологических операций. В случаях падения одиночных клубней или клубней неплотного потока, степень повреждений мякоти зависит от высоты и свойств материала поверхности (металл, дерево, прорезиненное полотно) на которую они падают, а также от температуры овоща в этот момент и числа перевалок.

По данным научного агроцентра «Коренево» отмечается, что наибольшее повреждение клубней происходит при уборке – до 30%, при транспортировке – до 3%, складировании – до 3%, сортировании – до 10% клубней в зависимости от условий уборки.

Наибольшее влияние на повреждения оказывают сортовые особенности, где степень повреждения колеблется от 5 до 40%. Путем статистического анализа установлено, что в фенотипической вариабельности устойчивости сортов, влияние генотипа – 72,6%, условия выращивания – 15%, остальные факторы – 12%.

Повреждённые корнеплоды из-за повышенного дыхания и потерь вместе с кожурой ингибиторов роста, прорастают быстрее, чем неповреждённые. Кроме того, у картофеля, имеющего механические повреждения, увеличивается естественная убыль массы при хранении, и число больных клубней по сравнению с клубнями без травм. В результате, к весне, они оказываются в значительной мере истощенными, дают ослабленные всходы и снижают урожай на 30%.

Необходим комплекс мер, направленный на уменьшение и предупреждение повреждаемости корнеплодов на стадии их уборки и послеуборочной доработки с учетом сортовых особенностей картофеля; условий работы машины; типа применяемого рабочего органа. Получить опции возможно только путём определения наиболее травмоопасных зон и режимов работы оборудования, а также оперативного принятия решений по их настройке и регулировке. В Беларуси картофель разных сортов (ранний, среднеранний (23%), среднеспелый (24%), среднепоздний (11%) и поздний) возделывается на почвах различного физико-механического состава, поэтому и выбор режимов работы уборочно-сортировальной техники должен осуществляться дифференцированно для каждого сорта, с учетом условий работы машин в отдельности. Это обуславливается тем, что возделываемые сорта по-разному воспринимают внешние нагрузки и предельные режимы работы. Так установлено, что скорость комбайновой уборки картофеля ранних сортов должна находиться в пределах 3–5 км/ч, среднеспелых – 4–6 км/ч, поздних 7–8 км/ч. Кроме того известно, что, с возрастающей скоростью, число повреждений клубней снижается, так как взаимная защита клубней, с их увеличивающимся количеством, повышается. В связи с вышесказанным, РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» ведет исследования по разработке портативной электронной системы сбора данных предназначенной для измерения ускорения и ударных нагрузок при движении картофеля в реальных условиях на машинах уборки и послеуборочной доработки.

В процессе уборки портативная электронная система сбора данных будет взаимодействовать с рабочими органами картофелеуборочной техники, а также с рабочими органами машин для послеуборочной его доработки. Оператор следит за электронным картофелем как он проходит через машину,

что дает возможность сразу увидеть наиболее травмоопасные зоны. Регистратор данных записывает воздействия и значения во время каждого измерения. Эти данные могут быть сохранены в самом регистраторе или переданы по связи USB или Bluetooth к компьютеру или ноутбуку, где информация может храниться и анализироваться с помощью прилагаемого программного обеспечения. В рекомендациях по настройкам технологических параметров и режимов работы, оператору будет удобно и легко подобрать требуемые параметры со щадящими режимами работы оборудования для уборки с послеуборочной доработкой корнеплодов, что значительно облегчит человеческий труд и позволит сократить потери продукции до минимума.

В то же время необходимо отметить, что исследования в данной области ведутся ведущими мировыми научно-исследовательскими лабораториями: Лейбницкий сельскохозяйственный институт I.R.D. (США), SmartSpud (Канада), MartinLishman (Германия) (рис. 1), Цзилиньский университет (Китай).



Рис. 1. – Электронный картофель TuberLog от MartinLishman:
а – внешний вид TuberLog; б –TuberLog в убранном урожае

Реализация данного способа снижения повреждаемости клубней картофеля, позволит заложить в республике научно-технологическую и техническую основу по обнаружению повреждений при уборке с последующей послеуборочной доработкой картофеля. Использование такого интеллектуального устройства позволит повысить качество технологического процесса, сократить затраты энергии и, в целом, даст толчок к созданию современной техники от уборки до послеуборочной доработки, с правильно сбалансированными параметрами рабочих органов, которые обеспечат наименьшее снижение повреждаемости продукции. А написанные рекомендации по настройкам технологических параметров и режимов работы цикла оборудования для возделывания картофеля от уборки до послеуборочной его доработки позволят облегчить труд операторам и снизить количество повреждаемого картофеля.

Заключение

Считаем, что, в настоящее время, основное внимание должно быть уделено более тщательному сбору и сохранению уже выращенного урожая. Это значительно эффективнее, чем увеличение вала при огромных затратах труда на единицу продукции. Поэтому очевидна экономическая целесообразность разработки портативных электронных систем сбора данных для настройки уборочно-сортировальных комплексов в зависимости от типа и влажности почвы, наличия почвенных комков и камней, сорта картофеля, температуры уборки и других условий для каждого типа хозяйства в отдельности.

Предлагаемая к разработке портативная электронная система сбора данных о запредельных нагрузках на клубень картофеля потенциально может рассматриваться как элемент создания современной интеллектуальной техники, обеспечивающей качественные показатели технологического процесса уборки и послеуборочной доработки картофеля.

Список использованных источников

1. Туболев, С. С., Машинные технологии и техника для производства картофеля. / С. С. Туболев, С. И. Шеломенцев, К. А. Пшеченков, В. Н. Зейрук. – Москва. – 2010. – С. 190–192.

В. В. Голдыбан, И. А. Барановский*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: labpotato@mail.ru***ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА МЕЖДУРЯДНЫХ ОБРАБОТОК**

В статье описываются способы повышения междурядных обработок пропашных культур, указываются перспективы её дальнейшего развития.

Ключевые слова: защитная зона растений, пропашные культуры, технология, средства механизации, междурядная обработка.

V. V. Goldyban, I. A. Baranovsky*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»
Minsk, Republic of Belarus
e-mail: labpotato@mail.ru***PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF MECHANIZATION TO IMPROVE THE QUALITY
OF INTERROW TREATMENTS**

The article describes the ways to increase interrow cultivation of row crops, the prospects for its further development.

Keywords: protective zone of plants, row crops, technology, means of mechanization, inter-row processing.

Введение

В период выращивания пропашных растений, необходимо обеспечить наилучшие условия для их произрастания. Каждый вид пропашных растений требует проведения специфических приемов по уходу. Запаздывание с выполнением тех или иных приемов влечет за собой увеличение затрат и часто не дает соответствующего эффекта.

Одним из основных видов ухода за посадками пропашных культур – междурядная обработка. От своевременности выполнения её зависит урожайность пропашных культур. В результате проведения междурядной обработки разрушается почвенная корка, почва становится мелкозернистой, подрезаются сорняки. При наличии 5 сорняков на 1 м², урожайность снижается на 2,4%; 25 – на 10,9%; 50 – на 19,4%; 100 – на 31,5%, а при 200 сорняков на м² – до 43% [1]. При выполнении междурядной обработки, земля начинает лучше удерживать влагу; обеспечивается доступ



Рис. 1. – Смещение сельскохозяйственного агрегата относительно заданной траектории движения

воздуха к корням растений и полезным почвенным микроорганизмам; снижаются затраты на удобрения, пестициды и гербициды. Поскольку в процессе обработки происходит перемешивание почвы, культивацию можно совмещать с внесением необходимых химических веществ.

Распространенная проблема при междурядной обработке, с которой сталкиваются практически каждый сельхозпроизводитель, заключается в том, что орудие не всегда следует за трактором, независимо от того, как трактор управляется: вручную или автоматически (рис. 1).

Часто несколько миллиметров определяют оптимальный результат работы агрегата, что приводит к подрезанию и повреждению культурных растений, а в конечном итоге – к потере урожайности.

Таким образом, обоснование способа и параметров технологического процесса междурядной обработки пропашных культур в защитной зоне растения на основе систем технического зрения, является актуальной проблемой при их возделывании. Использование современных информационных технологий позволит: бережно относиться к окружающей среде, эффективно использовать ресурсы, а также грамотно управлять технологическими процессами.

Основная часть

Современное производство пропашных культур предъявляет повышенные требования к снижению повреждаемости культурных растений и созданию оптимальных условий для их роста.

Все пропашные культуры возделываются широкорядным способом, поэтому, от всходов до смыкания рядков обладают очень низкой конкурентоспособностью с сорняками, которые хорошо приспособлены к прохладным весенним температурам; быстрее образуют мощную, продуктивную наземную и подземную массу; подавляют посевы культурных растений путём выноса влаги и питательных веществ.

За период вегетации пропашных культур рекомендуется проводить не менее 2–4 междурядных обработок. Кроме борьбы с сорной растительностью, при культивации междурядий, почва быстрее прогревается, усиливается газообмен между почвой и воздухом, активизируется мобилизация питательных веществ, снижаются капиллярные потери влаги, и улучшается инфильтрация воды в почву. Это способствует интенсивному развитию формирующейся в это время корневой системы.

При механизированной обработке междурядий, культурные растения могут повреждаться рабочими органами культиватора. Во избежание этого, рабочие органы размещают на требуемом расстоянии от ряда культурных растений. Поэтому, после прохода культиватора с обеих сторон ряда, оставляется необработанная полоска – защитная зона. Ширина защитной зоны зависит от вида и сорта культуры, степени развития растений, глубины рыхления почвы, качества посева (прямолинейности рядков) [2]. В разные периоды обработки междурядий защитные зоны составляют 28...43% от общей площади. Именно такая площадь остаётся необработанной, что ведёт к резкому снижению урожайности из-за сорняков, расположенных в защитной зоне растений. Опыт показывает, что с уменьшением защитных зон с 10–12 см до 7–8 см, сорная растительность уменьшается почти в два раза, что способствует лучшей обеспеченности культурных растений влагой и питательными веществами и, в конечном счете, повышается урожайность сельскохозяйственных культур [3].

Основным препятствием в уменьшении защитных зон является неустойчивость движения рабочих органов культиватора в почве. Работа тракториста при междурядных обработках, как правило, сопряжена с чрезмерно большими психофизическими нагрузками: ему приходится совершать в течение часа от 800 до 1000 поворотов рулевого колеса. В этих условиях частое запаздывание реакции механизатора составляет в среднем не менее 0,25 с. За это время, машина при скорости 9–10 км/ч, имея значительную угловую ошибку, может отклониться от требуемого направления на 50–100 мм. Всё это способствует большому отклонению рабочих органов культиватора от линии защитной зоны. Из-за этого, величина защитной зоны по одну сторону от ряда, составляет не менее 10 см, а рабочие скорости ряда пропашных культиваторов не превышают 6 км/ч, в то время как, по своим техническим параметрам, эти машины могут работать при скоростях 10 км/ч и выше. Снижение рабочих скоростей при междурядной обработке, как одной из наиболее малоэнергоёмких сельскохозяйственных операций, влечёт за собой снижение производительности МТА.

Проблемы с управляемостью культиватора возникают и при его работе на склонах значительной величины: 2 градуса и более [4]. На каждый градус увеличения крутизны склона нарушение защитной зоны составляет в среднем 1,7 см [5].

Для увеличения обрабатываемой площади в междурядьях и уменьшения защитной зоны в 1,5–2 раза, в сравнении с оставляемыми в настоящее время, необходимо повысить точность и стабильность ориентации культиватора в междурядьях в период ухода за посадками.

Поэтому основной задачей обеспечения требуемой точности движения культиватора в междурядьях пропашных культур на оптимальной рабочей скорости, является ориентация пропашного культиватора по рядкам и его смещение относительно трактора с помощью автоматизированной системы управления. Её задача состоит в том, чтобы направить и компенсировать ошибки вождения механизатора. Данная система позволяет проводить полевые работы с максимальной точностью и минимумом «ненужных» движений. В нее включены роботизированные системы, позволяющие управлять процессами, и программы, по которым сельскохозяйственная техника работает. В результате оператор освобождается от однообразных действий – все делает автоматика.

На сегодняшний день ведущими фирмами по производству активных управляемых навесных систем являются Maschinenfabrik SCHMOTZER [6] (рис. 2), Reichardt Electronic Innovations Inc (Германия) и Einböck & Schmotzer (Австрия).



Рис. 2. – Система точного вождения фирмы Maschinenfabrik SCHMOTZER GmbH, Германия

Системы работают чрезвычайно точно: сканируют и анализируют последовательность растений, направление ряда и передают необходимый сигнал на электро-гидравлический блок управления, который, в свою очередь, через гидравлику корректирует направление пропашного агрегата (рис. 3).



Рис. 3. – Система точного вождения фирмы Maschinenfabrik SCHMOTZER GmbH, Германия

Также компанией Reichhardt Electronic Innovations Inc предложено управление автоматическим навесным устройством на базе ультразвуковой техники. Ультразвук находится выше слышимого диапазона с частотой от примерно 16 кГц. Система управления PSR SONIC компании REICHHARDT GmbH работает с несколькими ультразвуковыми датчиками (рис. 4). При этом SONIC-блок излучает ультразвуковые волны, которые отражаются борозды или культурных растений.



Рис. 4. – Система точного вождения Reichhardt Electronic Innovations Inc.

Экономические подсчеты показали, что при использовании МТА с автоматизированной системы управления пропашным культиватором при уходе за посадками картофеля на площади 60 га, годовой приведенный экономический эффект за счет снижения повреждаемости сельскохозяйственных культур и увеличения производительности МТА составит 118569,23 руб., срок окупаемости полных капитальных вложений 0,25 лет.

Использование активной управляемой навесной системы при междурядной обработке пропашных культур в защитной зоне растения позволит повысить качество и производительность технологического процесса, а также уменьшит пестицидную нагрузку на почву. В дальнейшем, данное устройство даст толчок к созданию современных сельскохозяйственных машин 6 уклада, с полной автоматизированной системой управления.

Заключение

Таким образом, обоснование способа и параметров технологического процесса междурядной обработки пропашных культур в защитной зоне растения на основе систем технического зрения является актуальной проблемой при их возделывании. Использование современных информационных технологий позволит: бережно относиться к окружающей среде, эффективно использовать ресурсы, а также грамотно управлять технологическими процессами.

Список использованных источников

1. Турко С. А., Бусько И.И., Фицура Д. Д. Уход за посадками картофеля в вегетационный период 2015 года. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Национальный центр правовой информации Республики Беларусь. – Минск, 2015. – Режим доступа: <http://mshp.gov.by/information/materials/kart-ov/potato-growing/ac8853932524d2ac.html> /. – Дата доступа : 21.06.2019.
2. Культиваторы пропашные. Типы и основные параметры: ГОСТ 1114–1984. – Введ. 04.12.1984. – Москва : Государственный комитет СССР по стандартам : Изд-во стандартов, 1984. – 12 с.
3. Пулатов, А. С. Обоснование параметров навесной системы культиватора с целью повышения качества междурядной обработки хлопчатника: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / А. С. Пулатов. – Ташкент, 1984. – 176 с.
4. Аветисян, Р. Д. Исследование устойчивости движения и управляемости культиваторных агрегатов при междурядной обработке пропашных культур на слонах: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Р. Д. Аветисян. – Ереван, 1974. – 23 с.
5. Ефременков, Д. А. Исследование управляемости и устойчивости движения колесного тракторного агрегата для междурядной культивации: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.410 / Д. А. Ефременков. – Горки, 1971. – 18 с.
6. Пропашные культиваторы SCHMOTZER: Проспект фирмы SCHMOTZER. – Германия, 2018. – 5 с.

А. Н. Антоненко, В. В. Голдыбан

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

К РАЗРАБОТКЕ ОБЪЕМНОГО НИЗКОНАПОРНОГО ОБРАТИМОГО ГИДРОАГРЕГАТА ДЛЯ МАЛЫХ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

В статье приведено нетрадиционное революционное гидроэнергетическое оборудование, эффективно работающее в широком диапазоне изменения напора и расхода воды с высоким коэффициентом полезного действия гидроагрегата как в турбинных, так и насосных режимах.

Ключевые слова: объемная обратимая гидромашинa, малая ГЭС, ротор, напор, разряжение.

A. N. Antonenko, V. V. Goldyban

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

TO THE DEVELOPMENT OF A SUBTLE LOW-PRESSURE REVERSIBLE HYDRO-AGREGATE FOR SMALL HYDRO ELECTRIC POWER PLANTS

The article presents an unconventional, revolutionary hydropower equipment, effectively operating in a wide range of changes in pressure and water flow with a high efficiency of the hydraulic unit, both in turbine and pump modes.

Keywords: volume reversible hydraulic machine, small hydroelectric station, rotor, head, discharge.

Введение

В последние годы в Республике Беларусь растет интерес к строительству малых гидроэлектростанций (ГЭС). Они свободны от ряда недостатков крупных ГЭС и являются одними из наиболее экономичных, а также экологически безопасных источников получения электроэнергии. В настоящее время среди возобновляемых источников энергии, гидроэнергетика относится к высокоэффективным экологически чистым источникам и играет важную роль в повышении надежности электроснабжения. Наряду с этим, гидроэлектростанции, кроме чисто энергетического назначения, несут и другие важные народнохозяйственные и социально-экономические функции (водоснабжения, орошения, судоходство, рыболовства и др.). Вместе с тем значительный интерес представляет использование гидроэнергетики для выравнивания графика нагрузок как для производства электроэнергии, в часы максимального потребления, так и для ее потребления в течение ночного провала суточного графика нагрузок. Одновременно с этим, малые гидроаккумулирующие гидроэлектростанции позволят существенно повысить эффективность функционирования строящейся Белорусской АЭС. Учитывая большой опыт использования энергии малых рек за рубежом, в частности в Китае, Франции, Японии и России, можно ожидать, что в перспективе, в обозримом будущем, роль гидроэнергетики в нашей стране существенно возрастет.

В целом задачу электроснабжения агропромышленного комплекса в рыночных условиях следует решать комплексно и, в ряде случаев, целесообразно сочетание централизованного электроснабжения от мощных энергосистем с развитием местной гидроэнергетики, являющейся одним из традиционных и перспективных возобновляемых источников энергии в сельской местности.

Описание конструкции объемного обратимого гидроагрегата

Исследования ведущих гидротехников показывают, что наряду с модернизацией известных типов гидротурбин, требуется одновременно и разработка принципиально новых типов гидроагрегатов, особенно в диапазоне низких и высоких напоров [1]. В целом проблема создания нового стандартного оборудования является важнейшей и от ее эффективного решения зависит успех развития малой гидроэнергетики и степень использование гидроэнергетического потенциала малых рек. Детальное изучение технической базы малых гидроэлектростанций показало, что дальнейшее совершенствование технологического оборудования необходимо осуществить на новом техническом уровне, а именно: использовать для преобразования потенциальной энергии воды объемные гидромашины с высоким, близким к 95% коэффициентом полезного действия (КПД). При этом объемная гидромашина является обратимой и при необходимости может быть использована как насос для пополнения запаса воды в водохранилище в течение ночного провала графика нагрузок, обеспечивая, тем самым, полезную нагрузку тепловых и атомных станций.

Основой разработки является роторная лопастная гидромашина, позволяющая в широком диапазоне изменения напора и расхода воды, обеспечить высокий КПД гидроагрегата в турбинных и насосных режимах, а также бесшумную работу и экологическую безопасность любой гидроэлектростанции. Конструктивно-роторная лопастная гидромашина может работать как на низких, так и высоких напорах с расходом воды одним гидроагрегатом до 20,0 м³/с. Для этих целей разработаны соответствующие конструктивные варианты исполнения гидромашин мощностью до 5 000 кВт. По конструкции гидромашин довольно проста и может быть изготовлена на небольшом машиностроительном предприятии. Роторная лопастная гидромашина (рис. 1) содержит корпус 1, внутренняя полость которого образована двумя цилиндрическими поверхностями равного радиуса R и торцовыми крышками. Внутри корпуса на валах, связанных между собой синхронизирующими шестернями, установлены два лопастные роторы 2 и 3 с возможностью вращения в разных направлениях. Первый ротор 2 опережает по фазе вращения второй ротор 3 на угол равный

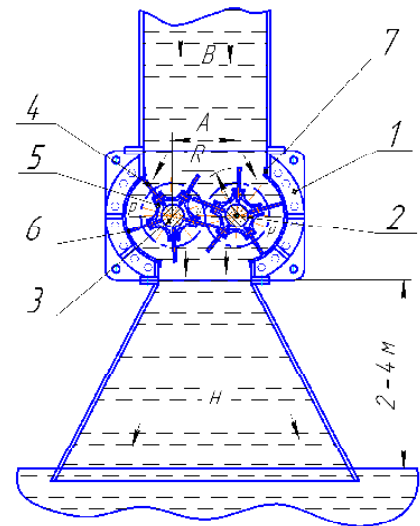
$$\varphi = 180/n$$

n – количество лопастей в роторе

Межосевое расстояние между роторами находится в пределах

$$A = 1,15 \dots 1,4 R$$

При этом центральный угол, соответствующий цилиндрической поверхности корпуса, больше, чем двугранный угол между лопастями. Опоры валов каждого ротора оборудованы стандартными самоустанавливающимися роликовыми подшипниками. Уплотнение подшипников не нуждаются в техническом обслуживании. К валу ротора крепится четыре или пять радиально направленных и равномерно расположенных *лопастей* 4. В основании лопастей выполнены углубления *замыкателей* 5, причем величина углубления выполнена такой, что в момент выхода лопасти одного ротора из зацепления с замыкателем другого, ближайшая лопасть этого ротора начинает взаимодействовать с замыкателем первого ротора наоборот, постоянно разделяя, таким образом, приемную и отдающую полости гидромашин. При этом при всех положениях *роторов* 2 и 3 зазор между вершиной *лопасти* 4 и поверхностью *замыкателя* 5 остается постоянным. Вершина каждой *лопасти* 4 снабжена высокопрочной *накладкой* 6,



- A – межосевое расстояние
- B – напорная полость гидромашин
- H – отдающая полость гидроагрегата
- O – полость откачивающая воздух из отсасывающей трубы
- P – сектор между лопастями ротора
- R – наружный радиус лопасти ротора

Рис. – Объемный низконапорный обратимый гидроагрегат

а входное и выходное окно – *противорежущими ножами 7*. Последние при взаимодействии с высокопрочными накладками 6 многократно измельчают различные водоросли и мусор, находящийся в воде, что предотвращает налипание волокон растений на цилиндрической поверхности корпуса 1 и замыкателей 5. Такая эффективная очистка контактирующих поверхностей роторов и корпуса обеспечивает надежную и долговечную работу гидроагрегата.

Принцип работы гидромашины следующий. Вода из водохранилища под напором, превышающим давление в отдающей полости, подается в приемную полость гидромашины. В любой момент времени один из роторов находится в равновесии, а другой ротор, в то же время, работает как поворотный гидродвигатель и имеет одну *рабочую лопасть 4*, от которой в результате разности давлений в приемной и отдающей полостях образуется крутящий момент. *Роторы 2 и 3* начинают синхронно, за счет кинематической связи посредством синхронизирующих зубчатых колес, вращаться в разных направлениях, а *лопасти 4*, поочередно взаимодействуя с замыкателями 5 взаимодействующих роторов, постоянно перекрывают межосевое пространство и препятствуют свободному переливу воды из приемной в отдающую полость. При этом часть воды (20...40%) и газа, находящиеся в пространстве между *лопастями 4* и *замыкателями 5* в момент выхода вершины лопасти одного ротора из зацепления с замыкателями другого, переносятся из отсасывающей трубы обратно в приемную полость. Вследствие этого в отсасывающей трубе создается и всегда поддерживается давление ниже атмосферного и повышается мощность гидромашины. Следует отметить, что при взаимодействии вершины лопасти и замыкателя расстояния от линии их контакта до оси ротора постоянно изменяется, соответственно изменяется и крутящий момент на валу ротора. В результате этого, гидромашина в зависимости от взаимного расположения роторов имеет максимальное и минимальное значения крутящего момента. Чтобы получить более равномерный крутящий момент на валу гидромашины, применяют роторы с несколькими смещенными по фазе вращения и разделенными перегородками секциями. В этом случае, каждая последующая секция смещается по фазе на угол, равный

$$\gamma = 360/nm$$

где γ – угол смещения секций на роторе;

n – количество лопастей в роторе;

m – количество секций в одном роторе.

При необходимости с целью снижения нагрузки на зубья синхронизирующих шестерен каждый ротор соединяют с маховиком и отдельным генератором. Гидромашина вместе с генератором устанавливается на сухой платформе выше уровня нижнего бьефа на 2...5 м. Вода к гидромашинам подводится по специальным напорным водоводам с газоотводными вертикальными трубопроводами (не показаны) для перепуска воздуха из напорной полости в атмосферу.

Отсасывающая труба или воронка герметично присоединяется к выходному окну гидромашины. В отсасывающей воронке скорость потока воды снижается до естественной скорости воды в реке. При снижении скорости движущегося потока изменяется и кинетическая энергия воды, что приводит к образованию в отсасывающей трубе разряжения и увеличению крутящего момента на валу гидромашины. Таким образом, отработавшая вода, покидающая гидроагрегат не имеет никакой потенциальной или кинетической энергии. Вся накопленная и аккумулированная в водохранилище энергия воды трансформируется в механическую работу гидроагрегата и генерируется в электроэнергию. Без всяких энергетических уравнений и научных теорий очевидно; чем ниже скорость отработанной воды, покидающей гидроагрегат – тем совершеннее гидроагрегат и больше электроэнергии будет получено на любой гидроэлектростанции. Интересно отметить, что вода, сходящая с лопастей турбин, установленных на ГЭС Сибири, имеет такую скорость и энергию, что в лютые морозы не замерзает на участке реки 40 км ниже ГЭС. Следовательно, использование в гидросиловом оборудовании вместо динамических турбин, предлагаемых объемных гидромашин, позволит увеличить выработку электроэнергии на существующих ГЭС, по меньшей мере, в 2–4 раза.

Заключение

Предлагаемая лопастная гидромашина является новым видом роторных объемных гидромашин и не имеет аналогов в мире. Она защищена патентами на изобретение Республики Беларусь № 3161, № 5228, №12278, № 14939. Гидромашина, при постоянном напоре на различных расходах воды, имеет практически постоянный крутящий момент и КПД, что позволяет посредством механической передачи изменить частоту вращения роторов в зависимости от нагрузки генератора и рационально использовать фактически теоретический гидроэнергетический потенциал водохранилища. Роторы этого гидроагрегата имеют простые по форме лопастные системы. Выполнены расчетные исследования по энергетическим характеристикам низконапорного гидроагрегата. Разработана конструкторская документация опытного образца гидроагрегата.

Применение предлагаемой конструкции гидросилового оборудования в малой гидроэнергетике позволит повысить степень использования гидроэнергетического потенциала малых рек, увеличить техническую, экономически выгодную в освоении полезную часть гидроэнергетических ресурсов и обеспечить эффективное выравнивание графика нагрузок на атомной электростанции.

Список использованных источников

1. Николаенко, Ю. Н. Разработка низконапорных гидроагрегатов для малых ГЭС / Ю. И. Николаенко, В. В. Макаров, А. В. Тарасов // Труды МНТК «Гидравлические машины, гидропривод и гидропневмоавтоматика. Современное состояние и перспективы развития». – С-Пб, Изд-во СПбГПУ, 2008. – С. 20-28.

УДК 631.312.69

Поступила в редакцию 11.09.2019
Received 11.09.2019

Н. Д. Лепешкин, П. П. Бегун

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

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ЛУЩИЛЬНИКА ДИСКОВОГО РОМБОВИДНОГО ЛДР-9

В статье представлено устройство и работа нового дискового лущильника ЛДР-9 с уникальными рабочими органами, расположенными на нем в виде ромба, описаны его преимущества. Приведена его техническая характеристика и результаты приемочных испытаний.

Ключевые слова: лущильник, лушение стерни, обработка почвы, сферический диск.

N. D. Lepeshkin, P. P. Begun

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

NEW DIRECTION IN THE MECHANIZATION OF THE DELETION OF THE FERTILIZER FROM THE SITES OF DAIRY-COMMERCIAL FARMS AND COMPLEXES

The article discusses the problem of removal of manure from dairy farms and complexes, analyzes the existing technical means for removing manure and suggests a new way to solve the problem in question, by developing a multifunctional unit capable of removing from the premises not only manure, but also to remove the remains of fodder from the fodder tables, pre-farm paddock fields with a hard surface.

Введение

Лущение стерни является обязательным агротехническим приемом как в отвальной, так и безотвальной системах обработки почвы. Оно выполняется в целях сохранения в почве влаги, быстрого прорастания семян падалицы и сорняков, ускорения разложения пожнивных остатков, подавления возбудителей болезней, улучшения качества послеуборочной обработки почвы. При этом качественно проведенное лущение стерни на глубину 3–6 см, сразу или не позднее 5–7 дней после уборки, обеспечивает прибавку урожая зерновых на 2–3 ц/га. Наряду с этим расход топлива, при вспашке стерни после лущения, сокращается до 30%, на 15–20% увеличивается производительность пахотного агрегата [1]. Однако, несмотря на это, лущение стерни в республике проводится только на 40–50% площадей, подлежащих вспашке. Кроме того, применяемые в настоящее время для лущения стерни агрегаты не обеспечивают требуемую минимальную глубину обработки. В результате в посевах основной культуры всходят семена предшественника. По данным РУП «Институт защиты растений» примерно на 50–60% полей засорены опасным засорителем – озимым рапсом, для уничтожения которого приходится существенно увеличивать затраты на проведение химической прополки. Кроме рапса в хозяйствах, возделывающих просо, также стоит проблема с семенами падалицы. Однако максимальная ширина захвата применяемых в республике машин для лущения стерни не превышает 6–7,5 м, что растягивает сроки проведения данной операции и обеспечивает их эффективное использование только на полях с определенной длиной гона. Поскольку в республике и странах СНГ машины, способные удовлетворить предъявляемые к лущению стерни требования, не производятся, то РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработан дисковый лущильник ЛДР-9, способный работать практически на всех типах почв и выполнять обработку стерни зерновых культур, кукурузы, рапса и трав. Кроме того, его можно использовать при подготовке почвы под картофель, свеклу и другие культуры, а также для полупаровых обработок зяби.

Основная часть

Лущильник выполнен в прицепном варианте и состоит из следующих основных узлов (рис. 1): *центральной рамы 2 с двумя опорно-транспортными колесами 13, прицепного устройства 1, двух боковых (6) и задней рамы (7), двух передних секций 5 и двух задних секций 8, сферических дисков, гидравлической системы 10, электрооборудования 9.*

Порядок размещения рабочих органов на лущильнике следующий: спереди фронтально расположены с перекрытием две секции передних сферических дисков «углом вперед», а затем две секции задних сферических дисков «углом назад». Два *опорно-транспортных колеса 13* установлены в центре лущильника и еще два *колеса 14* – в задней его части.

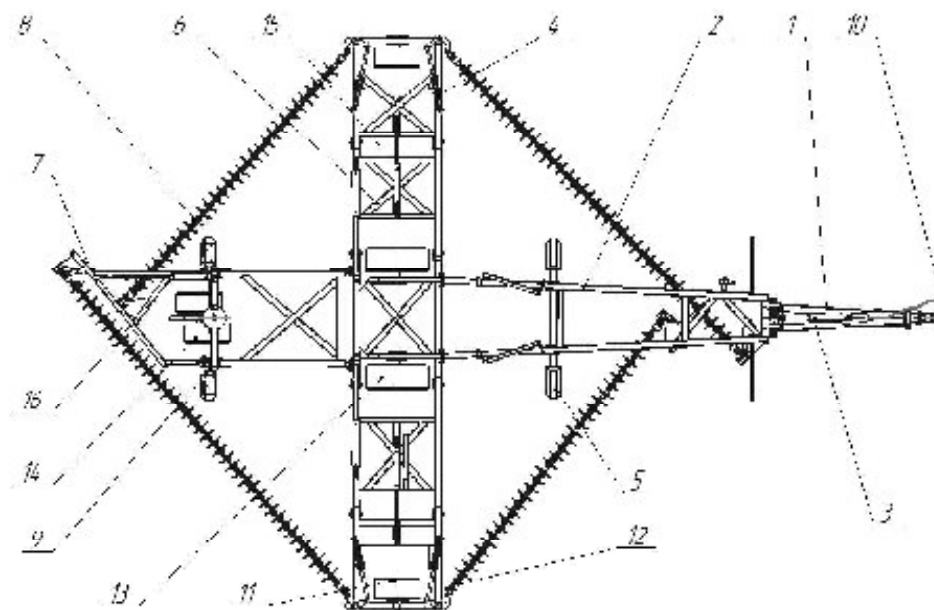
Центральная рама с двумя опорно-транспортными колесами является основным несущим элементом лущильника и предназначена для монтажа на ней всех узлов и механизмов лущильника. Она представляет собой сварную конструкцию, выполненную из трубчатого профиля.

Прицепное устройство 1, состоящее из сниги и ловителя с присоединительной осью, шарнирно крепится к центральной раме и предназначено для соединения лущильника с трактором.

В прицепном устройстве имеется *гидроцилиндр 3*, что позволяет вести агрегат во время работы параллельно земле, эффективно выполняя технологический процесс лущения.

Боковые рамы 6 с опорными колесами 11 состоят из двух шарнирно соединенных между собой секций, которые крепятся к центральной раме также с помощью шарнира. Складывание и раскладывание секций осуществляется с помощью *гидроцилиндров 15*. Опорные колеса установлены на крайних секциях боковых рам. На секциях предусмотрена система натяжения дисковых батарей и защиты рабочих органов при встрече с препятствием. Представляет собой *амортизатор 4 пружинного типа*.

Задняя рама 7 с опорными колесами 14 шарнирно крепится к центральной раме и имеет возможность отсоединения от нее. Два колеса ригинуса сзади расположены так, чтобы выдерживать вес лущильника в сложенном состоянии. Для предотвращения их колебания, они смещены друг от друга с помощью дискового тормоза на вершине шпинделя, на котором они установлены.



1 – сница; 2 – центральная рама; 3 – гидроцилиндр; 4 – амортизатор; 5 – кронштейн; 6 – боковая рама; 7 – задняя рама; 8 – диск; 9 – электрооборудование; 10 – гидросистема; 11 – опорные колеса; 12 – кронштейн; 13, 14 – опорно-транспортные колеса; 15, 16 – гидроцилиндр

Рис. 1. – Луцильник дисковый ромбовидный ЛДР-9

Секции боковых рам и задняя рама представляют собой сварную конструкцию, выполненную из профильного металлопроката.

Рабочими органами луцильника являются литые *сферические диски* 8 диаметром 32 см. Диски отливаются одним изделием с проушиной снаружи и крюком внутри, посредством которых соединяются между собой, образуя, таким образом, дисковые батареи две по 32 и две по 42 диска.

Дисковые батареи предназначены для поверхностной обработки почвы, а также перемешивания и заделки в разрыхленном слое растительных остатков.

Располагаются в виде ромба, если смотреть на луцильник сверху в рабочем положении. Первый и последний сферический диски батареи крепятся одной стороной к крылу, а другой – к хвосту и к центральной раме посредством *кронштейна* 12 через подшипниковый узел. Угол атаки дисковых батарей образован конструктивно и остается неизменным при работе луцильника на различных агрофонах.

Гидросистема 10 предназначена для перевода луцильника из транспортного положения в рабочее и обратно.

Гидросистема луцильника соединяется с гидросистемой трактора и управляется с рабочего места тракториста. Элементы гидросистемы (трубопроводы, рукава высокого давления) монтируются на прицепном устройстве и внутри трубчатого профиля центральной рамы.

Луцильник соединяется с задним навесным устройством трактора, смонтированным по трехточечной схеме, при помощи оси, которая вводится в ловители прицепного устройства и фиксируется двумя стопорами.

Технологический процесс, выполняемый луцильником, заключается в следующем: сначала луцильник, с помощью гидросистемы трактора, переводится в рабочее положение; включается необходимая рабочая передача трактора; начинается движение по полю (по длине гона). При движении луцильника, передние секции сферических дисков производят разрезание и дробление растительных остатков и рыхление почвы, а задние секции сферических дисков производят дополнительное рыхление почвы и мульчирование обрабатываемого слоя растительными остатками.

Продольное копирование поверхности поля луцильником при наезде трактора на неровности (бугры, впадины) обеспечивается за счет шарнирного соединения центральной рамы с хвостом

и сницей. Поперечное копирование достигается шарнирным соединением центральной рамы с боковой секцией, а секции с крылом.

Вид луцильника в рабочем и транспортном положениях представлен на рис. 2 и рис. 3 соответственно.



Рис. 2. – Луцильник дисковый ромбовидный ЛДР-9 в транспортном положении



Рис. 3. – Луцильник дисковый ромбовидный ЛДР-9 в рабочем положении

Работа луцильника на поле производится челночным способом. При поворотах в конце гона гидросистемой трактора производится отрыв рабочих от поверхности поля и осуществляется петлевой поворот на поворотной полосе, затем луцильник переводится в рабочее положение и осуществляется рабочий ход в очередном гоне. После окончания работ на основном массиве поля производится обработка поворотных полос.

Техническая характеристика луцильника приведена в табл. 1.

Т а б л и ц а 1. – Техническая характеристика луцильника

Тип агрегата	Полунавесной
Ширина захвата, м	9
Рабочая скорость движения, км/ч	10-15
Производительность за 1 час основного времени, га	9 – 13,5
Глубина обработки, см	4-8
Расход топлива, кг/га	5-7
Масса, кг	6850

Результаты испытаний

Приемочные испытания лушильника ЛДР-9 проводились на весенних и осенних фонах с апреля по сентябрь 2018 года.

Испытания лушильника в условиях эксплуатации проводились в ОАО «Агро ГЖС» и ОАО «Василишки» Гродненской области, Щучинского района. Условия испытаний соответствовали требованиям технического задания. Лушильник агрегатировался с трактором «БЕЛАРУС-3022».

В процессе испытаний проведена первичная техническая экспертиза, лабораторно-полевые испытания, произведена наработка на отказ II-ой и III-ей группы сложности. Осуществлялось проведение контрольных смен для расчёта экономической эффективности лушильника ЛДР-9.

Испытания проводились на различных агрофонах: стерня зерновых, стерня рапса, вспашка. В общей сложности за период испытаний наработка лушильника составила 169 ч основного времени (1600 га).

В декабря 2018 года завершились приемочные испытания опытного образца лушильника дискового ромбовидного ЛДР-9 в ГУ «Белорусская МИС» и получен протокол приемочных испытаний №118 Б ½-2018ИЦ [2].

Функциональные и эксплуатационно-технологические показатели по результатам приведенных испытаний представлены в табл. 2 и табл. 3.

Т а б л и ц а 2. – Функциональные показатели

Показатели	Значение показателя		
Состав агрегата, марка: – лушильника – трактора	ЛДР-9		
	«Беларус-3022»		
Вид работы	Обработка зяби	Лущение стерни зерновых	Обработка почвы после вспашки
Дата проведения испытаний	25.04.2018	26.07.2018	18.10.2018
Режим работы:			
Рабочая скорость движения, км/час	10,9	14,9	10,1
Транспортная скорость движения, км/час	15		
Конструктивная ширина захвата, м	9,0		
Функциональные показатели:			
Глубина обработки, см:	6,3	3,1	5,7
-стандартное отклонение, ±см	1,3	0,7	2,5
-коэффициент вариации, %;	20,9	23,3	44,5
-расширенная неопределенность, см	0,4	0,3	0,6
Рабочая ширина захвата, м	9,0	9,0	9,0
Подрезание пожнивных остатков и сорных растений, %	95,1	91,4	–
Гребнистость поверхности почвы, см	2	4	3
Крошение почвы – (содержание комков размером, мм), %:			
До 25 мм	89,7	–	81,9
Свыше 100 мм	0	–	0
Залипание и забивание рабочих органов	Отсутствие		

Расчет экономических показателей использования лушильника дискового ромбовидного ЛДР-9 проведен по результатам эксплуатационно-технологической оценки на лущении стерни зерновых культур в сравнении с зарубежным аналогом Kelly MPH-9000 (Австралия). Показатели сравнительной экономической эффективности лушильника представлены в табл. 4.

Таким образом, годовой приведенный экономический эффект составил 42108,40 руб. Годовая экономия себестоимости механизированных работ – 20785,55 руб., что предполагает снижение затрат при использовании лушильника ЛДР-9 в сравнении с импортным аналогом на 47,1%. Абсолютные капитальные вложения окупаются за 2,6 лет.

Т а б л и ц а 3. – Эксплуатационно-технологические показатели

Показатели	Значение показателя	
Состав агрегата, марка: – луцильника – трактора	ЛДР-9	
	«Беларус-3022»	
Вид работы	Обработка зяби	Лущение стерни зерновых
Дата проведения испытаний	25.04.2018	26.07.2018
Режим работы:		
Рабочая скорость движения, км/час	10,9	14,9
Транспортная скорость движения, км/ч	15	
Конструктивная ширина захвата, м	9,0	
Глубина обработки, см:	6,3	3,1
Эксплуатационные показатели:		
Производительность, га за час		
– основного времени	9,81	13,41
– сменного времени	7,34	10,02
– эксплуатационного времени	7,28	9,95
Удельный расход топлива за сменное время, кг/га	6,7	5,0
Количество персонала по профессиям, необходимого для обслуживания операций, непосредственно связанных с работой луцильника, чел.	1	1
Эксплуатационно-технологические коэффициенты:		
– технологического обслуживания	1,00	1,00
– надежности технологического процесса	0,98	0,99
– использования сменного времени	0,75	0,75
– использования эксплуатационного времени	0,74	0,74

Т а б л и ц а 4. – Показатели экономической эффективности луцильника

Показатели	Значение показателей
Годовой приведенный экономический эффект, руб.	42108,40
Годовая экономия себестоимости механизированных работ, руб.	20785,55
Степень снижения себестоимости механизированных работ, %	47,10
Срок окупаемости абсолютных капитальных вложений, лет	2,60
Капитализированная стоимость новой техники, руб.	184674,31
Цена луцильника (без НДС), руб.	55110,00

Заключение

В заключении необходимо отметить, что луцильник ЛДР-9 это надежная, универсальная машина, требующая минимального технического обслуживания и обеспечивающая тем самым высокий коэффициент рабочего времени смены. Он прост в управлении и настройке, не требует ручной ввод во время работы. Высокая производительность агрегата позволяет обрабатывать большие площади в короткие сроки, экономя тем самым, время и трудозатраты, расходы на горюче смазочные материалы.

Создает богатый слой мульчи, способствующий сохранению влаги в почве. Улучшает контакт семян с почвой для лучшего их прорастания. А также значительно экономит на химикатах для борьбы с сорняками.

Список использованных источников

1. Булавин, Л. А. Лущение стерни / Л. А. Булавин, С. С. Небышинец // Белорусская Нива. – 2013. – № 138.
2. Протокол № 118 Б1/2-2018ИЦ приемочных испытаний луцильника дискового ромбовидного ЛДР-9 [Текст] / ГУ «Белорусская МИС». – Привольный, 2018. – 81 с.

И. М. Лабоцкий, В. В. Миккульский

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА УПЛОТНЕНИЯ СИЛОСНОЙ МАССЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВИБРОДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

В статье приводятся результаты экспериментальных исследований влияния статических и вибродинамических нагрузок на процесс уплотнения силосной массы.

Ключевые слова: корм, силос, экспериментальная установка, плотность кормов, виброплита, статическая нагрузка, вибродинамическая нагрузка, вынуждающая сила, частота колебаний, удельное давление.

I. M. Labotcky, V. V. Mikulsku

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

STUDY OF THE PROCESS OF SEALING SILAGE MASS UNDER THE ACTION OF VIBRODYNAMIC LOADS

In the article were carried out the experimental research's results of the influence of static and vibrodynamic loads on the process of compaction of the silage mass.

Keywords: feed, silo, experimental setup, feed density, vibrating plate, static load, vibrodynamic load, driving force, oscillation frequency, specific pressure.

Введение

Мировым опытом доказано, что продуктивность сельскохозяйственных животных и эффективность животноводческой отрасли на 60% зависят от уровня кормления и качества основных видов кормов [1].

Для нужд отечественного животноводства в республике ежегодно заготавливается свыше 25 миллионов тонн сенажа и силоса с хранением в траншейных хранилищах. Основными факторами, определяющими уровни качества и потерь в процессе заготовки кормов, являются: пригодность (фаза вегетации) растений к началу уборки; влажность сенажной и силосной массы; плотность укладки; герметичность укрытия (упаковки); продолжительность заполнения хранилища. Невыполнение любого из этих факторов ведет к потерям питательных веществ, как в процессе заполнения хранилища, так и в процессе хранения кормов [2].

Для реализации инновационных технологических процессов заготовки основных видов кормов из трав и силосных культур в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» создан и поставлен на производство комплекс машин для заготовки сенажа и силоса в измельченном виде с последующим хранением в траншейных хранилищах. При этом способе хранения основными факторами, определяющими качество кормов, являются плотность массы и герметичность укрытия хранилища.

В настоящее время для уплотнения кормов в траншейных хранилищах применяют колесные тракторы «Кировец», энергонасыщенные тракторы «Беларус» и импортные машины аналогичного класса, а также созданные и внедренные в производство новый агрегат АЗВК «Амкодор 352-02» и машина «АРУК-5» агрегатируемая с трактором класса 5. Перечисленные средства механизации обеспечивают уплотнение сенажа до плотности от 500 до 560 кг/м³, кукурузного силоса – от 600 до 620 кг/м³ [3].

В настоящее время технические возможности применяемых комплексов машин для заготовки силоса и сенажа: косилок, ворошилок, граблей-валкователей, кормоуборочных комбайнов, транспортных средств – по производительности в 1,5–2 раза выше, чем у агрегатов для их уплотнения. В результате сдерживаются темпы уборочных работ, корма не достигают требуемого качества и как следствие возрастают потери.

Известные агрегаты для уплотнения кормов осуществляют уплотнение под действием статической нагрузки, значение которой определяется величиной массы агрегата и площадью опорной поверхности ходовой системы. На практике для повышения нагрузки увеличивают массу агрегатов путем навешивания дополнительных грузов. Однако препятствием для наращивания массы агрегатов становятся допустимые нагрузки на оси тракторов. По этой причине производительность данных агрегатов ограничена.

Изложенное выше, является бесспорным основанием изыскания новых способов и механизмов, обеспечивающих повышение скорости уплотнения и плотности кормов в хранилищах.

Основная часть

Для изучения влияния статических и вибродинамических нагрузок на процесс уплотнения силосной массы разработана экспериментальная установка, позволяющая исследовать технологические показатели данных нагрузок (нормальное удельное давление p , вынуждающую силу вибратора $F_{вн.}$, статический момент дебаланса $M_{ст.}$ и частоту его вращения n) на скорость уплотнения и плотность кормов.

Экспериментальная установка (рис. 1) включает *станину 1*, *ящик 2* с размерами 0,5×0,5×0,5 м и шкалой для измерения высоты столба исследуемых материалов, *плиту 3* с *вибратором ИВ-98Б (виброплита) 4*, *гидроцилиндр 5* с *гидростанцией 6* и *направляющим брусом 7*, осуществляющий перемещение виброплиты по *направляющим 8*, *шкафу управления 9*. Общий вид экспериментальной установки представлен на рис. 2.

Регулировку нормального удельного давления на исследуемый материал осуществляли при помощи редукционного клапана, находящегося в *гидростанции 6*, а численное значение давления в гидросистеме определяли *манометром 10*.

Статический момент дебаланса вибратора изменяли путем изменения положения самих дебалансов, расположенных на валу *вибратора 4* (рис. 3), а частоту их вращения, при помощи частотного преобразователя INNOVERT (рис. 4), установленного в *шкафу управления 9*.

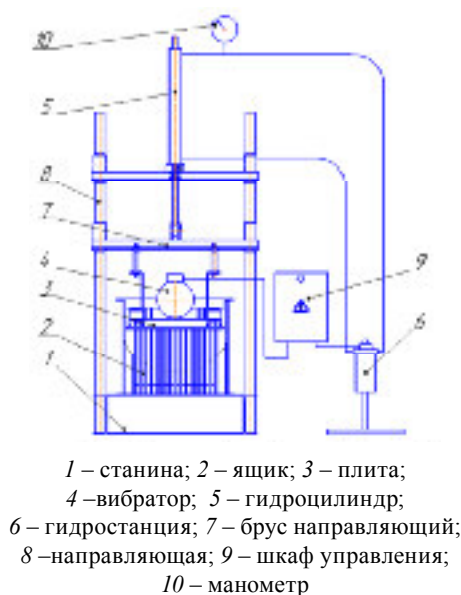


Рис. 1. – Схема экспериментальной установки



Рис. 2. – Общий вид экспериментальной установки

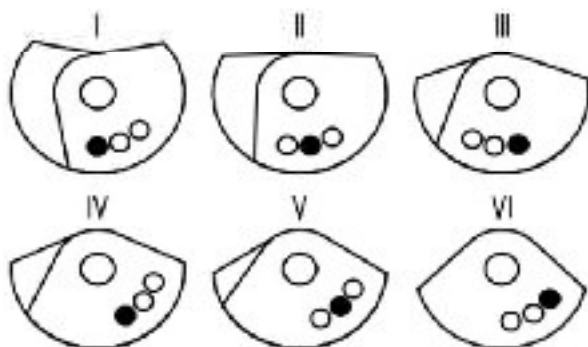


Рис. 3. – Схема регулировки статического момента вибратора (ИБ-98Б)

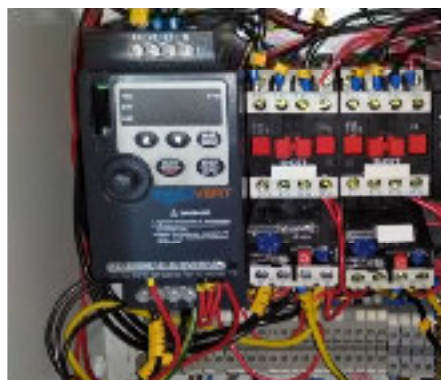


Рис. 4. – Частотный преобразователь INNOVERT

Вынуждающую силу виброплиты $F_{вн.}$ определяли по формуле (1):

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

где $M_{ст.}$ – статический момент дебаланса кг·см;

n – частота вращения дебаланса, мин⁻¹.

Экспериментальные исследования выполняли методом единственного различия фактора.

Порядок работы следующий. Ящик заполняли исследуемым материалом до высоты 0,4 м, устанавливали необходимое нормальное удельное давление на исследуемый материал, статический момент дебаланса вибратора и частоту его вращения. Затем включали привод гидростанции, через электро-механический клапан, включали подачу масла в верхнюю полость гидроцилиндра и, в момент, когда шток вместе с виброплитой опускался во внутреннее пространство ящика, – включали привод виброплиты. Процесс уплотнения материала виброплитой фиксировался на видеокамеру. После того как под действием статических и переменных динамических нагрузок процесс уплотнения прекращался, выключали привод виброплиты, переключали подачу масла в нижнюю полость гидроцилиндра, после чего шток вместе с виброплитой перемещались в исходное положение. В это время, уплотненный виброплитой материал переходил в фазу восстановления, которую фиксировала видеокамера до полной её остановки.

Опыты проводили в трехкратной повторности на силосе (кукуруза) влажностью 65% и длиной резки до 0,03 м. Затем полученные данные обрабатывали методом математической статистики.

Нормальное удельное давление на исследуемый материал устанавливали в пределах от 1600 до 5600 кг/м² с шагом 800 кг/м². Исследованию подвергался вибратор ИВ-98Б со статическим моментом дебаланса 5,7, 7,7, 9,4 и 11,4 кг·см и синхронной частотой его вращения от 600 до 3000 мин⁻¹ с шагом 600 мин⁻¹.

На рисунках 5, 6 представлены процесс уплотнения силосной массы под воздействием статических и совместно статических и вибродинамических нагрузок т.е. путем приложения на последних нормального удельного давления и вибрационных сил. Экспериментальные исследования проводили при нормальном удельном давлении 1600, 2400, 3200, 4000 и 4800 кг/м², статическом моменте дебаланса вибратора 7,7 кг·см и частоте его вращения 1800 мин⁻¹.

Поисковыми исследованиями установлено, что средняя продолжительность времени воздействий статических и вибродинамических нагрузок, свыше которой прекращается уплотнение исследуемых кормов, не превышает 90 с. Из рис. 6 также следует, что воздействие дополнительной вибродинамической нагрузки на кормовую массу, приводит к значительному увеличению их плотности. Так, плотность силоса в сравнении только со статическим на него воздействием (рис. 7), увеличилась на 25–36%, а после релаксации на 14,2–30%. Объясняется это тем, что при приложении к кормовой массе вертикального давления и сообщением их частицам вибрационных движений последние начинают перераспределяться, занимая более устойчивое положение, следовательно, уменьшается порозность между частицами, а, значит, и объем кормовой массы в ящике.

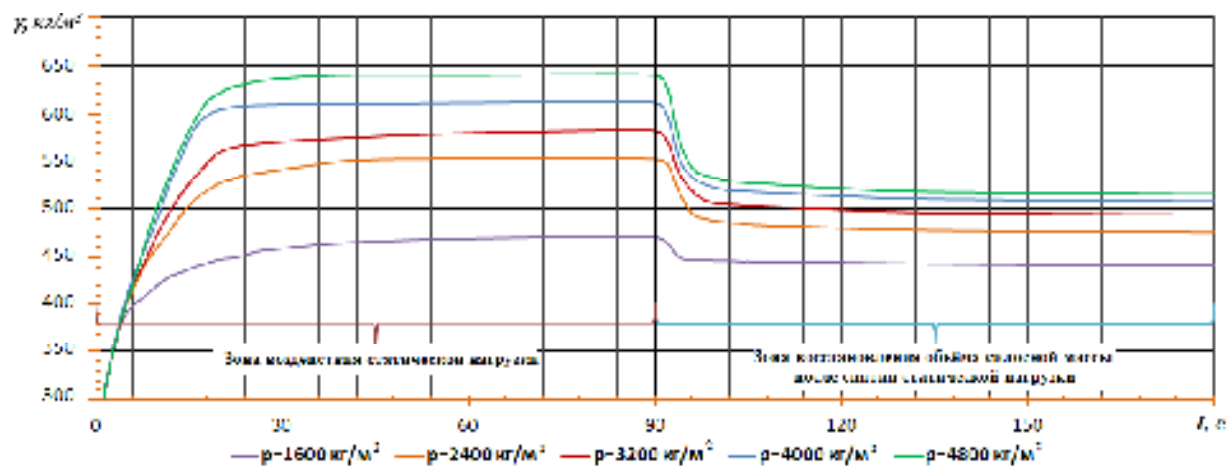


Рис. 5. – Процесс уплотнения силосной массы под воздействием статических нагрузок

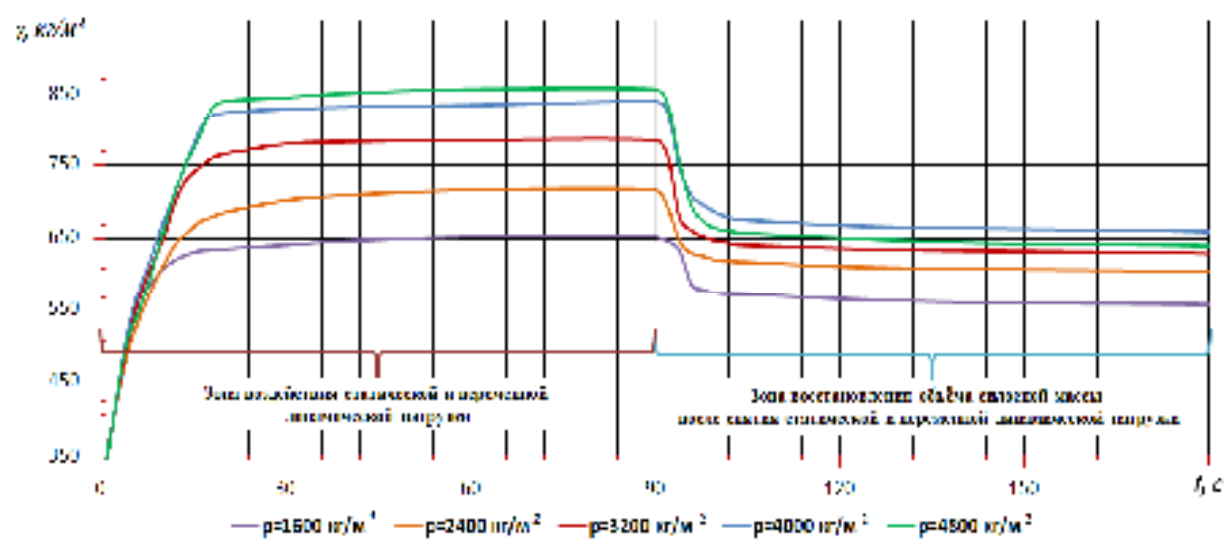


Рис. 6. – Процесс уплотнения силосной массы под воздействием статических и вибродинамических нагрузок ($M_{\text{ст}} = 7,7 \text{ кг} \cdot \text{см}$, $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$)

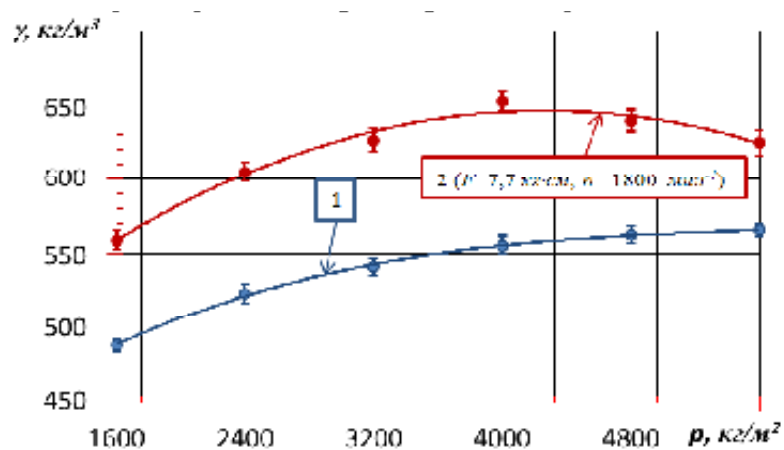


Рис. 7. – Влияние статической (1) и совместно статической и вибродинамической нагрузки (2) на плотность силосной массы (после релаксации)

В этой связи вибратор играет роль дозаполнителя свободных зон в уплотняемой кормовой массе, приводя общий его объём к одинаковой плотности. Иными словами, осуществляется в определенной степени процесс приведения материала к критической порозности.

Кроме того, проводился анализ влияния статических и вибродинамических нагрузок на скорость уплотнения исследуемых кормов. В результате данного анализа было установлено, что при приложении к статической нагрузке дополнительно вибродинамических нагрузок, скорость уплотнения кормов увеличивалась в 3–6 раза (в зависимости от значения нормального удельного давления).

На рис. 8 представлены влияние частоты вращения дебаланса вибратора на плотность силосной массы. Экспериментальные исследования проводили при нормальном удельном давлении 4800 кг/м² и статическом моменте дебаланса 7,7 кг·см.

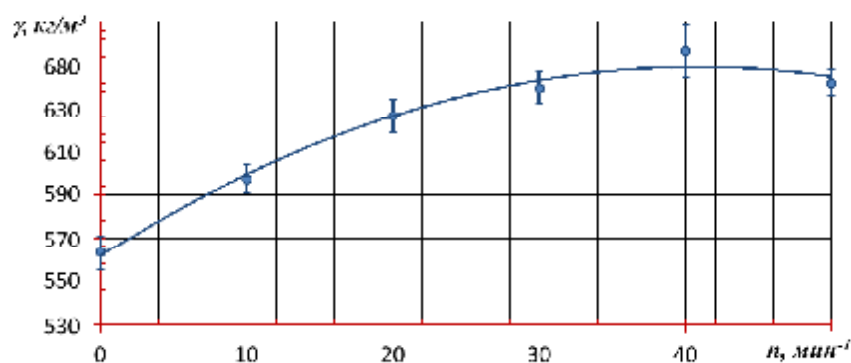


Рис. 8. – Зависимость плотности силосной массы от частоты вращения дебалансов при нормальном удельном давлении 4800 кг/м² и статическом моменте дебаланса вибратора 7,7 кг·см (после релаксации)

Из рис. 8 следует, что плотность силосной массы в исследуемом диапазоне частоты вращения дебаланса вибратора повышается при увеличении последнего до 2400 мин⁻¹. Дальнейшее увеличение частоты вращения дебаланса вибратора приводит к снижению насыпной плотности кормов. Это обусловлено тем, что при малой частоте вращения дебаланса не обеспечивается полное разрушения связей между частицами кормов, следовательно, процесс перераспределения частиц в общем массиве замедляется, ухудшая, таким образом, условия приведения материала к одинаковой плотности. При увеличении частоты вращения дебаланса более 2400 мин⁻¹ создаются также неблагоприятные условия для их уплотнения, обусловленные повышенной скоростью движения частиц в общем массиве, что также приводит к замедлению перераспределения частиц.

На рис. 9 представлены влияние статического момента дебаланса вибратора на плотность силосной массы. Экспериментальные исследования проводили при нормальном удельном давлении 4800 кг/м² и частоте вращения дебаланса вибратора 1800 мин⁻¹.

Из рис. 9 следует, что при увеличении статического момента дебаланса до 9,0 кг·см насыпная плотность кормов резко увеличивается, что объясняется улучшением качества формирования мате-

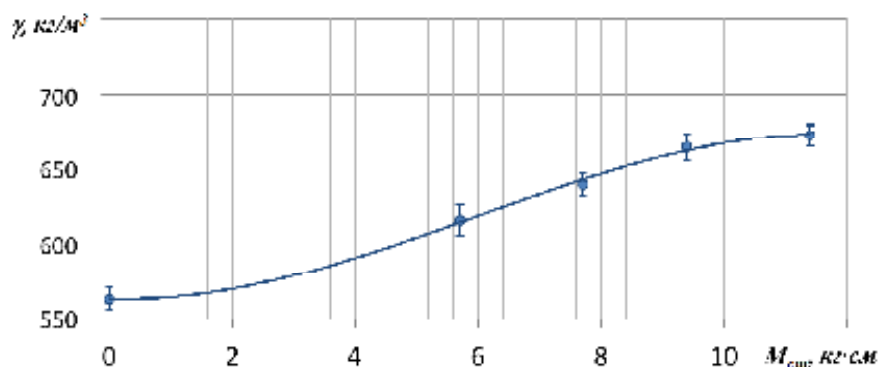


Рис. 9. – Зависимость плотности силосной массы от статического момента дебаланса вибратора при нормальном удельном давлении 4800 кг/м² и частоте колебания вибратора 1800 мин⁻¹ (после релаксации)

риала в исследуемом объёме вследствие приведения последнего к одинаковой плотности. При дальнейшем увеличении статического момента дебаланса, значение насыпной плотности исследуемых кормов продолжает увеличиваться, однако данный процесс происходит более замедленно, постепенно приближаясь к асимптотическому значению.

Таким образом, экспериментально, методом единственного различия установлены рациональные параметры исследуемых факторов, при которых обеспечивается более близкое к оптимальному значению уплотнения силосной массы: $p = 3200 - 4800 \text{ кг/м}^2$, $M_{ст.} = 9,4 - 11,4 \text{ кг·см}$, $n = 1200 - 3000 \text{ мин}^{-1}$). При таких параметрах вынуждающая сила вибратора (формула 1) составит $F_{ви.} = 1,5 - 11,2 \text{ кН}$, а плотность силосной массы будет находиться в пределах от 640,0 до 680 кг/м³.

Заключение

Экспериментальными исследованиями доказана эффективность статических и переменных динамических нагрузок на процесс уплотнения кормов. Установлено, что роль переменных динамических нагрузок, создаваемых вибрацией, сводятся не только к тому, чтобы облегчить процесс уплотнения кормовой массы, но и обеспечить дозаполнение их свободных зон, приводя общий объём последних к одинаковой плотности. Это позволило ускорить процесс уплотнения силосной массы в 3–6 раза, повысить их плотность на 14–24% и, соответственно, снизить потери кормов.

Список использованных источников

1. Привалов, Ф. И. Стратегия развития кормопроизводства до 2020 года / Ф. И. Привалов // Земледелие и защита растений. – 2017. – № 1. – С. 68.
2. Силос из кормовых растений. Общие технические условия: ГОСТ 55986–2014. – Введ. 01.07.2015. – Москва: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, 2014. – 10 с.
3. Протокол № 020 Б1/4–2016 приемочных испытаний агрегата для распределения и уплотнения кормов в хранилищах АРУК-5 / ГУ «Белорусская МИС». – Привольный, 2016. – 73 с.
4. Промышленные вибраторы. Виброоборудование: Ярославский завод «Красный маяк» / каталог продукции, 2012 – 33 с.

УДК 63:(620.95:631.86)

Поступила в редакцию 11.06.2019
Received 11.06.2019

В. А. Тарас, Н. Ф. Капустин, В. В. Величко

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫХОДА МЕТАНА ПРИ АНАЭРОБНОЙ ФЕРМЕНТАЦИИ РАПСОВОЙ СОЛОМЫ В СМЕСЯХ С НАВОЗОМ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА (КРС) ПРИ РАЗЛИЧНОМ ЕЁ СООТНОШЕНИИ

В результате выполненных исследований определен выход метана при анаэробном разложении соломы рапса яровой и озимой форм вегетации сортов белорусской селекции в смеси с навозом КРС в различных соотношениях, проведен сравнительный анализ энергопотенциала исследованных субстратов и скорости извлечения метана из них. Установлено, что рапсовая солома в смеси с навозом КРС может быть использована в качестве субстрата для выработки биогаза, но, для реализации максимального энергетического потенциала, её содержание в смеси не должно превышать 40% по органическому сухому веществу. При более высоком содержании ее в смеси – отмечено снижение скорости извлечения метана и его удельного выхода.

Ключевые слова: рапсовая солома, выход метана, биогазовые установки, навоз КРС, энергопотенциал.

RESEARCH OF METHANE YIELD FROM RAPE STRAW AND CATTLE MANURE MIXTURE IN VARIOUS PROPORTIONS UNDER CONDITIONS OF ANAEROBIC DIGESTION

The methane yield from spring and winter rape straw in mixture with cattle manure in various proportions during anaerobic decomposition was determined as result of the research. Also energy potential comparative analysis and methane yield speed analysis of this various mixtures was made.

It was established that rape straw mixed with cattle manure can be used as a substrate for biogas production but to realize the maximum energy potential its content in the mixture should not exceed 40% of organic dry matter. With a higher content of rape straw in the mixture a decrease of methane yield and its production speed was observed.

Keywords: rape straw, methane yield, biogas plants, cattle manure, energy potential.

Введение

Основным сырьем для биогазовых установок на сельхозпредприятиях Республики Беларусь являются животноводческие отходы, в частности навоз крупного рогатого скота (КРС), отличающийся высоким содержанием азотистых веществ. Однако, для эффективной биоферментации требуется соблюдать определенное соотношение содержания в исходной смеси органического сырья углерода к азоту (C:N). Если соотношение C:N мало, то при анаэробной биоконверсии образуется большое количество аммиака, которое становится токсичным для микрофлоры процесса ферментации. Если соотношение C:N велико, то недостаток азота ограничивает процесс метанового брожения. Разные авторы называют различные цифры оптимального соотношения C:N – от 15 до 30. При этом следует иметь в виду, что в процессе метанового брожения соотношение C:N меняется, так как углерод (до 40% и более) выделяется с биогазом, а азот остается в сброженной биомассе и удаляется только при выгрузке сброженного субстрата. Критерием оптимального соотношения C:N служит выход биогаза (метана) [1]. Для регулирования соотношения C:N и повышения энергоэффективности биогазовой установки к животноводческим отходам требуется добавлять растительное сырье, отличающееся повышенным содержанием углерода.

Перспективным растительным сырьем для биогазовых установок может быть рапсовая солома, не очень эффективно используемая в сельскохозяйственном производстве по ряду объективных причин, при условии ее должной подготовки. Солома является побочным продуктом при выращивании зерновых культур, которые можно использовать в качестве энергоисточника в биогазовых установках. В среднем 1 т рапсовой соломы содержит около 5 кг азота, 1,5 кг фосфорного ангидрида, 9 кг окиси калия, 780 кг органических соединений (преимущественно целлюлозы) [2]. Солома представляет собой сравнительно однородный субстрат с высоким содержанием углерода (соотношение углерода к азоту в рапсовой соломе составляет 55:1) и по этому показателю весьма привлекательна как источник энергии [3]. Недостатком при этом является содержание в ней большого количества тяжело разлагаемого лигнина.

В связи с этим, исследование процесса анаэробной ферментации и отработка её соотношения в смеси с животноводческими отходами для использования в качестве сырья для биогазовой установки, является актуальной задачей по повышению эффективности применения рапсовой соломы в сельскохозяйственном производстве и будут способствовать развитию биогазовых технологий в республике и использованию в сельскохозяйственном производстве местных и возобновляемых энергоисточников.

Объекты и методы исследований

Объектом исследования являлись смеси соломы ярового и озимого рапса сортов белорусской селекции (Гедимин и Империял соответственно) с навозом КРС в различных соотношениях. Варьирование соотношений рапсовой соломы и навоза КРС осуществляли по органическому

сухому веществу (ОСВ). Выбранные соотношения по содержанию сухих веществ, массовые соотношения рапсовой соломы и навоза КРС, а также содержание сухих и органических сухих веществ в исследуемых смесях приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1. – Исследуемые соотношения рапсовой соломы и навоза КРС

Соотношение по содержанию ОСВ: % навоза КРС/% рапсовой соломы	Соотношение по массе в смеси: % навоза КРС/% рапсовой соломы	Содержание СВ в смеси, %	Содержание ОСВ в смеси, %
Навоз КРС + яровая рапсовая солома			
75/25	97,39/2,61	10,55	9,22
60/40	94,96/5,04	12,62	11,23
50/50	92,55/7,45	14,59	13,14
40/60	89,23/10,77	17,36	15,84
Навоз КРС + озимая рапсовая солома			
75/25	97,43/2,57	10,51	9,22
60/40	95,00/5,00	12,54	11,24
50/50	92,67/7,33	14,47	13,16
40/60	89,39/10,60	17,20	15,86

Выход метана при анаэробном ферментировании исследуемых смесей рапсовой соломы и навоза КРС определяли с помощью лабораторного биопроцессконтроллера (рис. 1) AMPTS II, представляющий собой автоматическую систему по определению потенциала метана исследуемых субстратов, а также скорости извлечения метана из них.



Рис. 1. – Автоматический биопроцессконтроллер по определению выхода метана в процессе анаэробного сбраживания органического сырья

Результаты исследований

Для сравнительной характеристики исследуемых смесей рапса с навозом КРС оценивали динамику удельного выхода метана с нарастающим итогом, выделившегося при анаэробной ферментации на биопроцессконтроллере AMPTS II из исследованных смесей соломы рапса различных видов и навоза КРС в соотношениях согласно табл. 1 за весь цикл биоферментации (60 дней). Данные для соломы рапса различных форм вегетации представлены на рис. 2 и рис. 3 соответственно.

Сравнительный анализ удельного выхода метана, выделившегося при анаэробном разложении образцов рапсовой соломы в смеси с навозом КРС в различных соотношениях за 60 суток ферментирования представлен на рис. 4.

Как видно из представленных данных, максимальный суммарный удельный выход метана на единицу массы органического сухого вещества, наблюдался при ферментации смеси, состоящей по ОСВ из 25% рапсовой соломы и 75% навоза КРС, и составлял 238,87 м³/т ОСВ и 217,71 м³/т ОСВ для рапсовой соломы яровой и озимой форм вегетации соответственно. С увеличением

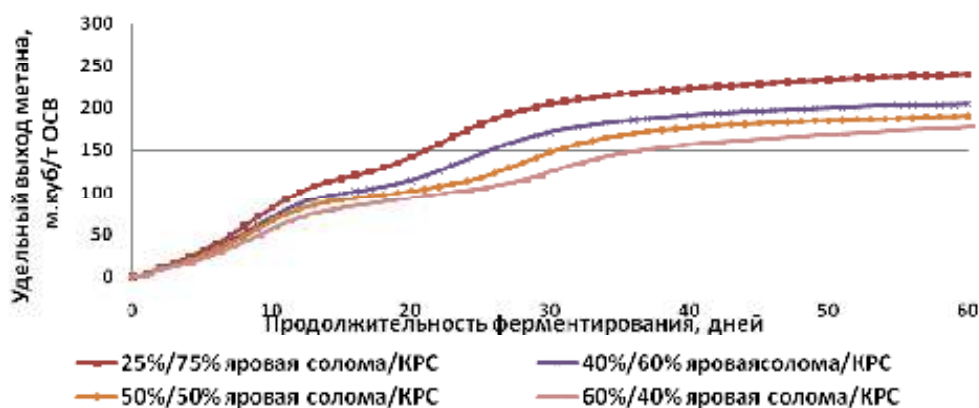


Рис. 2. – Динамика удельного выхода метана с нарастающим итогом, выделившегося при анаэробной ферментации образцов соломы ярового рапса в смеси с навозом КРС в различных соотношениях по ОСВ

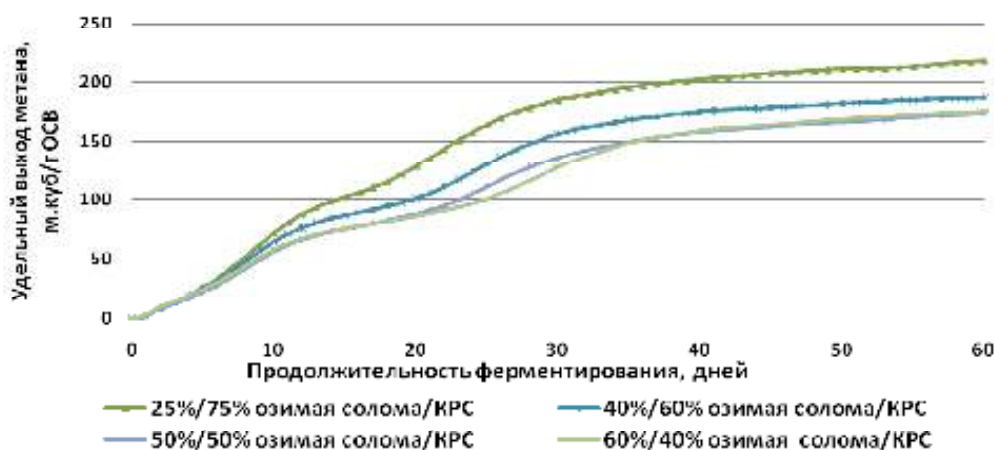


Рис. 3. – Динамика удельного выхода метана с нарастающим итогом, выделившегося при анаэробной ферментации образцов соломы озимого рапса в смеси с навозом КРС в различных соотношениях по ОСВ

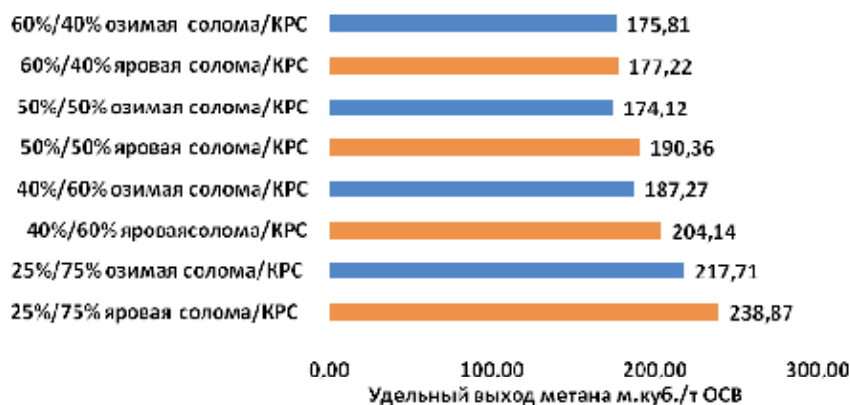


Рис. 4. – Удельный выход метана при анаэробном разложении образцов рапсовой соломы различных форм вегетации в смеси с навозом КРС в различных соотношениях по ОСВ

содержания в смеси рапсовой соломы – отмечено снижение анализируемого показателя. Так, для смеси, состоящей из 40% рапсовой соломы и 60% навоза, КРС по ОСВ удельный выход метана составил 204,14 и 187,27 м³/т ОСВ для яровой и озимой форм вегетации соломы рапса соответственно, в смеси, состоящей из 50% рапсовой соломы и 50% навоза КРС по ОСВ – 190,36 и 174,12 м³/т ОСВ соответственно. В случае ферментации смеси, состоящей из 40% навоза и 60% соломы по ОСВ, удельный выход метана был самый низкий для яровой рапсовой соломы и составил 177,22 м³/т ОСВ. В случае ферментирования в таком соотношении озимой рапсовой соло-

мы, удельный выход метана составил $175,81 \text{ м}^3/\text{т ОСВ}$, что незначительно в пределах погрешности метода исследования выше, чем для смеси, состоящей из 50% рапсовой соломы и 50% навоза КРС по ОСВ.

Также отмечены более высокие значения удельного выхода метана для рапсовой соломы яровой формы вегетации. Причем разница в удельном выходе метана для рапсовой соломы различных форм вегетации увеличивается при увеличении содержания в смеси навоза КРС, то есть при снижении содержания сухих веществ в смеси и органической нагрузки на единицу объема системы. Так, для смеси, состоящей по ОСВ из 25% рапсовой соломы и 75% навоза КРС, разница в выходе метана между рапсовой соломой яровой и озимой форм вегетации составила $21,16 \text{ м}^3/\text{т ОСВ}$; а в случае ферментации смеси, состоящей из 40% навоза и 60% соломы – $1,41 \text{ м}^3/\text{т ОСВ}$.

Изучена кинетика метановыделения при протекании процесса сбраживания исследуемых смесей рапсовой соломы с навозом КРС. Скорость выработки метана ($\text{м}^3 \cdot \text{сут} / \text{т ОСВ}$) представлена на рис. 5.

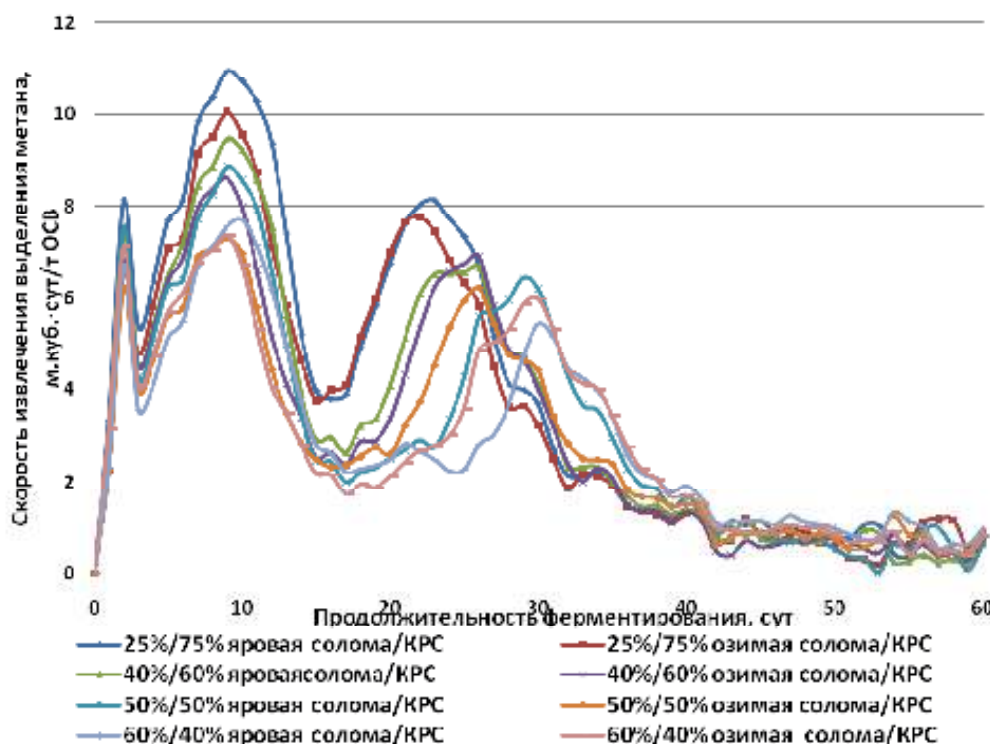


Рис. 5. – Скорость выработки метана в сутки при анаэробной ферментации образцов рапсовой соломы в смеси с навозом КРС в различных соотношениях по ОСВ

При анализе скорости извлечения метана из образцов соломы ярового и озимого рапса также отмечено снижение скорости извлечения метана из смеси навоза КРС и рапсовой соломы при увеличении содержания соломы в смеси, то есть при увеличении содержания в ней сухих веществ. Скорость извлечения метана была максимальной на 9–10-е сутки для всех образцов, причем отмечены более высокие её значения при ферментировании рапсовой соломы яровой формы вегетации. То есть, отмечено замедление процесса метанообразования при увеличении содержания сухих веществ, а, следовательно, и органической нагрузки системы. В период 22–29-х суток наблюдалось повторное увеличение скорости метановыделения, однако, в данном случае, исследуемый показатель был выше для смеси, содержащей яровую форму вегетации соломы только при её содержании в смеси 25%. Для смесей содержащих 40–50% соломы, скорость извлечения метана мало зависела от формы вегетации, а для смеси с 60%-ым содержанием соломы – была выше у озимой рапсовой соломы. Для смесей, содержащих большее количество соломы, анализируемый показатель увеличивался в меньшей степени и позже – на 25–29 сутки ферментации.

Повторное увеличение скорости извлечения метана обусловлено более поздней биодоступностью трудноферментируемого сырья, которым является рапсовая солома.

Заключение

1. Рапсовая солома в смеси с навозом КРС может быть использована в качестве субстрата для выработки биогаза, но для реализации максимального энергетического потенциала её содержание в смеси не должно превышать 40% по ОСВ.

2. Удельный выход метана при ферментировании смесей, содержащих рапсовую солому яровой формы вегетации, был выше, чем для смесей, содержащих озимую форму вегетации.

3. Разница в удельном выходе метана для рапсовой соломы различных форм вегетации увеличивается при увеличении содержания в смеси навоза КРС, то есть при снижении органической нагрузки на единицу объема системы.

4. Кривая скорости извлечения метана имеет два значительных пика – на 9–10-е сутки, и на 22–29-е сутки ферментирования, что объясняется более поздней биодоступностью трудноферментируемого сырья, которым является рапсовая солома.

Список использованных источников

1. Дубровский, В. С. Метановое сбраживание сельскохозяйственных отходов / В. С. Дубровский, У. Э. Виестур. – Рига: Зинатне, 1988. – 204 с.

2. Биогазовые установки. Практическое пособие [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://zorgbiogas.ru/upload/pdf/Biogas_plants_Practics.pdf. – Дата доступа: 01.03.2019.

3. Солома на удобрение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.agro.gomel.by/docs/soloma>. – Дата доступа: 01.03.2019.

УДК 631.626.1/311.51

Поступила в редакцию 09.07.2019

Received 09.07.2019

А. Н. Юрин, С. П. Кострома, И. Е. Мажугин

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

e-mail: anton-jurin@rambler.ru

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ РАБОЧИХ ОРГАНОВ КАНАЛОКОПАТЕЛЕЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФИЛЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ КАНАЛОВ

Анализ существующих конструкций рабочих органов каналокопателей для формирования профиля мелиоративных каналов. Даны предложения по наиболее эффективным способам строительства каналов.

Ключевые слова: откосы мелиоративного канала, каналокопатель, рабочий орган.

A. N. Jurin, S. P. Kostroma, I. E. Mazhuhin

RUE «SPC of NAS of Belarus for mechanization of agriculture»

Minsk, Republic of Belarus

e-mail: labmkr@yandex.ru

ANALYSIS OF EXISTING CONSTRUCTIONS OF THE WORKING BODIES OF CHANNEL DIGGERS FOR THE CREATION OF CUT OF DRAINAGE CHANNELS

Analysis of existing structures of the working bodies of the channel diggers for the creation of cut of drainage channels. Offers on the most effective ways of channels forming.

Keywords: side of drainage channel, channel digger, working body

Введение

Современное сельскохозяйственное производство требует постоянного проведения мелиоративных мероприятий, таких как производство культуртехнических работ, строительство мелиоративных систем, сооружение водохозяйственных объектов. Выполнение этих работ связано

с большими затратами труда, материальных и денежных средств. 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.

Для обеспечения соблюдения проектных норм осушения земель, используется сложный комплекс гидротехнических и других сооружений (158,1 тыс. километров каналов и водоприемников, 977,5 тыс. километров закрытой дренажной сети, 3,2 тыс. мостов, 2,2 тыс. шлюзов-регуляторов, 24,2 тыс. труб-регуляторов, 54,6 тыс. труб-переездов, 499 насосных станций, 4,8 тыс. километров защитных и ограждающих дамб, 17,7 тыс. километров эксплуатационных дорог, 1074 пруда и водохранилища).

По состоянию на 1 января 2016 г. нуждаются в реконструкции мелиоративные системы на площади 356,6 тыс. гектаров, в том числе в Брестской области – 95,3 тыс. гектаров, Витебской – 63 тыс., Гомельской – 54,1 тыс., Гродненской – 37,2 тыс., Минской – 61,8 тыс. и Могилевской области – 45,2 тыс. гектаров. Преимущественно это мелиоративные системы, построенные в 50–70-е годы XX века, отработавшие нормативные сроки эксплуатации и физически изношенные.

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.

Способ строительства канала, вид назначаемых машин зависят, помимо прочего, от его назначения, профиля (трапециевидный, параболический), размеров.

В настоящее время в республике чаще всего строительство каналов производится однокосовыми экскаваторами с различной формой ковшей, при этом не соблюдаются профили канала, что приводит к необходимости дополнительных работ по планировке дна и откосов канала, выравниванию кавальеров на бермах канала.

Мировая практика показывает, что высокую производительность и хорошее качество работы имеют двухфрезерные каналокопатели непрерывного действия, предназначенные для прокладки мелиоративных каналов.

Основная часть

Каналокопатели классифицируются:

По типу рабочего органа в зависимости от способа реализации мощности двигателя; пассивные или плужные, предназначенные для рытья каналов с поперечным сечением менее 2,0 м² и глубиной до 1,5 м.

активные (фрезерные с инерционной разгрузкой, роторные с гравитационной разгрузкой и т.п.), предназначенные для рытья каналов с сечением более 1,5 м².

Принципиальное отличие фрезерных каналокопателей от плужных заключается в том, что грунт вырезается не сплошным пластом, а путем отрезания стружки грунта небольшой толщины вращающимся рабочим органом (фрезой) без деформации естественного грунта на откосах каналов.

Плужно-фрезерные каналокопатели предназначены для нарезки оросительных каналов трапециевидного сечения глубиной до 1 м с односторонним расположением кавальеров в грунтах I и II категорий с каменистыми включениями диаметром до 80 мм. В настоящее время ООО ТД «Сельмаш» (Россия) выпускает плужно-фрезерные рабочие органы каналокопателей МК-23 на базе трактора ДТ-75БВ и МК-22 на базе колесного трактора К-701.

Конструктивная схема плужно-фрезерного каналокопателя МК-23 показана на рис. 1.

Рабочее оборудование включает в себя *раму 4, фрезу 9 и плуг 8*. Подъем и опускание фрезы осуществляются *гидроцилиндром 10 навесной системы 1* трактора. Положение рабочего оборудования по отношению к горизонту регулируется *гидроцилиндром 2*. Ротор приводится от вала отбора мощности с помощью *карданного вала 8, конического редуктора 6* и планетарной пере-

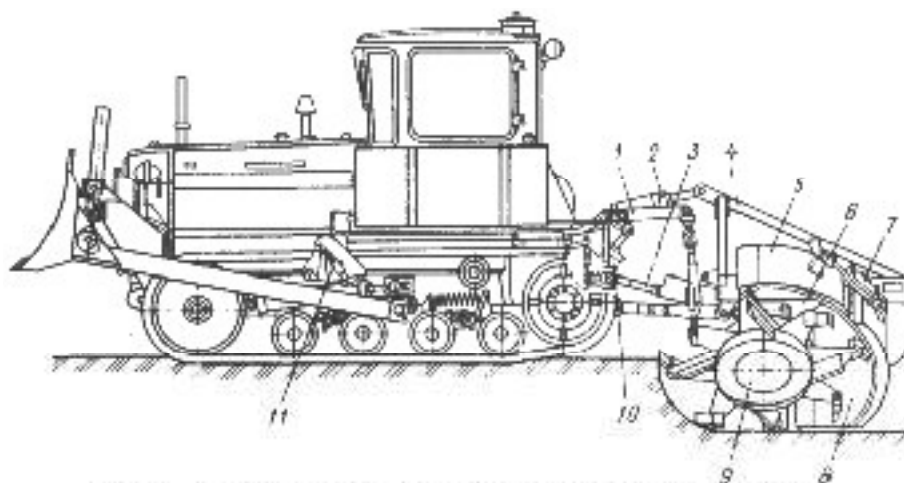


Рис. 1. – Схема плужно-фрезерного каналокопателя МК-23

дачи, размещенной внутри ротора. Над ротором расположены отбойные *щитки* 5, управляемые *гидроцилиндром* 7.

Шнекороторные экскаваторы предназначены для прокладки в зонах орошения каналов или траншей с откосами в грунтах I...III категорий с каменистыми включениями, размеры которых не превышают 300 мм.

Рабочее оборудование состоит из центрально расположенного ротора двух наклонных шнеков, двух отвальных конвейеров и зачистного устройства. Ротор прорезает первоначальную траншею по оси канала, а наклонные шнеки, оснащенные режущими элементами, разрабатывают грунт вдоль откосов и смещают его вниз к ротору. Весь разработанный грунт ротор поднимает ковшами вверх и сыпает на конвейеры, которые выносят его в отвалы.

Рабочее оборудование шнекороторных экскаваторов имеет значительные массу и габариты, поэтому выполняется полуприцепным или прицепным. В конструкциях систем навески рабочих органов предусмотрена возможность изменения ширины по дну и коэффициентов заложения откосов каналов.

Экскаватор ЭТР-206А выполнен на базе тягача, состоящего из агрегатов трактора Т-130 и унифицированного с тягачом роторных траншейных экскаваторов ЭТР-204А, ЭТР-223А, ЭТР-

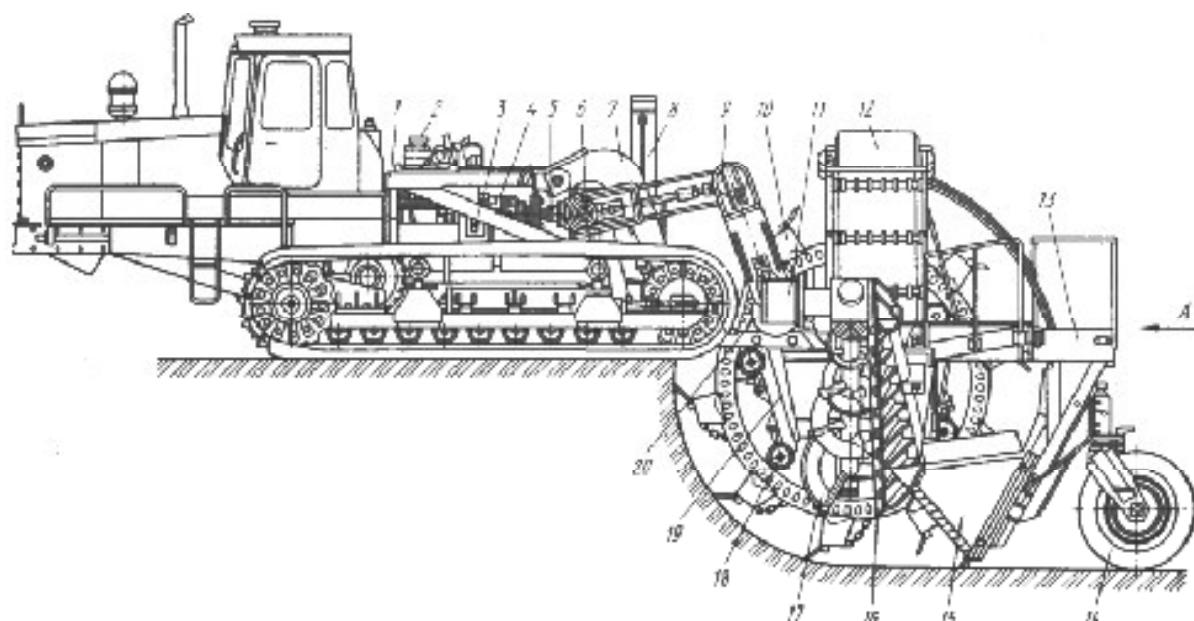


Рис. 2. – Конструктивная схема экскаватора-каналокопателя ЭТР-206А

224А [1,2]. Силовая установка тягача, коробка передач, задний мост и кабина вынесены вперед относительно гусеничного хода. Гусеничный ход, удлиненный, по сравнению с тракторным, на четыре опорных катка, имеет увеличенную ширину башмаков.

На рис. 2 представлена конструктивная схема экскаватора-каналокопателя ЭТР-206А. Рабочее оборудование передней частью через поворотную раму опирается на тягач, а задней – на сдвоенную пневмоколенную опору. Оно включает в себя *раму 19, ротор 10, шнеки 17, отвальные конвейеры 12, зачистные устройства 15 и 16, раму задней опоры*. На экскаваторе применен механический привод рабочего оборудования и транспортного передвижения и гидравлический привод рабочего передвижения и конвейеров.

Экскаватор-каналокопатель ЭТР-172 (рис. 3) [1, 2] – самоходная машина, предназначенная для устройства за один проход осушительных каналов глубиной до 1,7 м с заложением откосов 1:1. Основными сборочными единицами являются *самоходное шасси 1, рабочий орган 4, рама навески 5, гидравлическая система 2*, вспомогательное оборудование и механизмы управления.

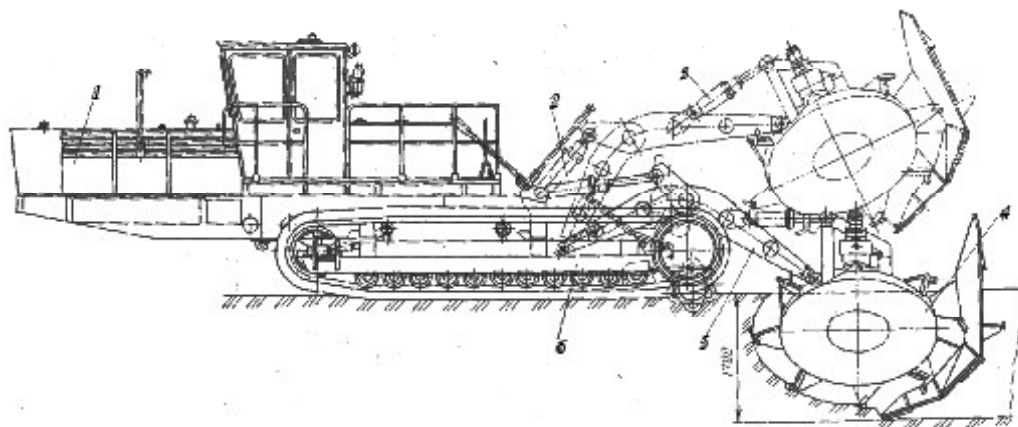


Рис. 3. – Конструктивная схема экскаватора-каналокопателя ЭТР-172

В каналокопателе ЭТР-172 применен объемный гидропривод всех механизмов, включая механизмы рабочего и транспортного перемещения машины. В передней части специального базового шасси, вынесенной вперед для уравнивания рабочего органа, расположена силовая станция 1, включающая двигатель ЯМЗ-238Г, раздаточный редуктор и насосную станцию. Гусеничный движитель 6 машины многоопорный, жесткого типа.

Насосной станцией обеспечивается гидравлический привод всех агрегатов и механизмов силовой передачи каналокопателя.

Рабочий орган 4 каналокопателя представляет собой двухотвальный зачистной нож с двумя фрезами диаметром 3000 мм. Фрезы расположены под углом 45° к горизонту и предназначены для резания грунта, выноса и разбрасывания его по обе стороны от прокладываемого канала.

Навешивается рабочий орган на самоходное шасси с помощью навесной системы, предназначенной для установки рабочего органа в рабочее и транспортное положение и для регулировки глубины канала. Она состоит из рамы навески 5 и гидравлического механизма (гидроцилиндров подъема 2 и разворота 3 рабочего органа).

Экскаватор-каналокопатель ЭТР-125А (рис. 4) предназначен для устройства за один проход осушительных каналов глубиной до 1,4 м с заложением откосов 1:1 в торфяных грунтах с наличием погребенной, разложившейся древесины при переустройстве осушительных систем. На вновь осушаемых торфяных грунтах каналокопатель может применяться при условии их предварительной подсушки и при промерзании до 15 см в зимних условиях. В минеральных грунтах первой категории: каналокопатель может работать при наличии камней размером не более 80 мм.

Экскаватор-каналокопатель навешивается на трактор Т-130МБГ-3, оборудованный гидросистемой и механизмом задней навески, в котором верхняя тяга заменена гидроцилиндром.

Навесное оборудование каналокопателя включает в себя рабочий орган, трансмиссию (привод), раму, ходоуменьшитель, гидросистему, фиксирующее устройство, механизмы управления и уширитель гусениц.

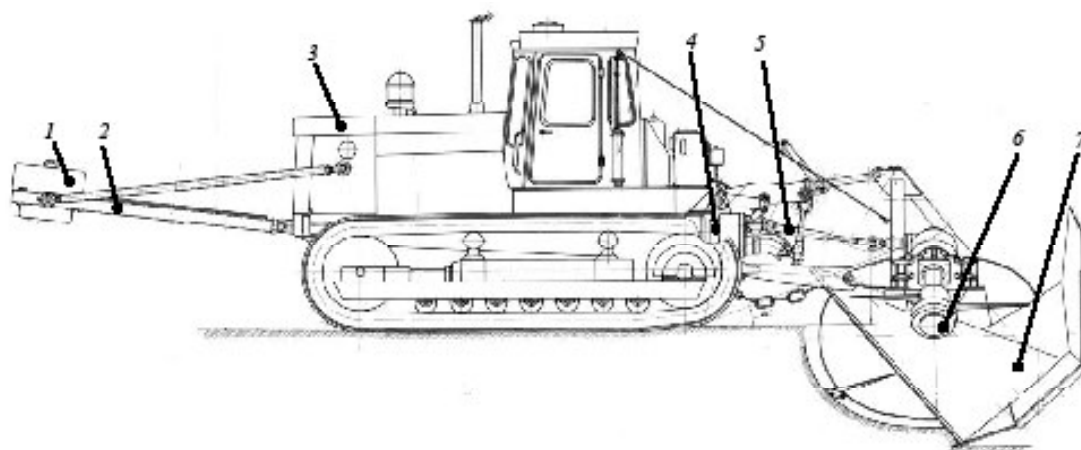


Рис. 4. – Конструктивная схема экскаватора-каналокопателя ЭТР-125А (вид сбоку)

Для обрушения грунта, расположенного между фрезами, применяются клиновые отвалы (двухотвальные клинья). Клиновый отвал, поставленный между фрезами, делит грунтовую призму на две части.

Рабочий орган состоит из двухотвального: клина симметрично расположенных по его бокам под углом 45° к горизонту двух дисковых фрез. Фрезы получают вращение от вала отбора мощности трактора через трансмиссию, состоящую из промежуточного вала ходоуменьшителя, карданной передачи, раздаточной коробки, муфт, конических редукторов и планетарных редукторов. Все основные сборочные единицы рабочего органа в трансмиссии крепятся к раме, являющейся главным несущим элементом.

Двухотвальный клин сварной конструкции из листовой стали предназначен для разделения на две равные части грунта, вырезаемого фрезами, и для обрушения этого грунта на фрезы. Кроме этого, клин своим нижним носком разрабатывает грунт на глубину 150 мм ниже фрез и служит зачистным кожухом, предохраняющим открытый канал от попадания в него грунта.

Фрезы предназначены для вырезания щелей в грунте и для разбрасывания обрушенного или вырезанного грунта за пределы канала, а также для перерезания пней и древесины находящихся в грунте. Фрезы представляют собой диски диаметром 2500 мм, имеющие по шесть лопаток с наружной и внутренней сторон.

Экскаватор-каналокопатель ЭТР-153 (рис. 5) предназначен для строительства осушительных каналов глубиной 1,5 м в предварительно подсушенных торфяных грунтах с наличием погребенной разложившейся древесины и в зимних условиях при промерзании их до 10 см.

Экскаватор-каналокопатель ЭТР-153 навешивается на болотоходный трактор и по конструкции аналогичен экскаватору-каналокопателю ЭТР-125А. Отличие состоит в том, что две фрезы



Рис. 5. – Экскаватор-каналокопатель ЭТР-153

его наклонены под углом 52° к горизонту и развернуты в плане на 14° к оси разрабатываемого канала для получения параболического профиля поперечного сечения канала.

Итальянская фирма «Cosmeco» выпускает двухфрезерный каналокопатель, который состоит из навесных фрез, и зачистного ножа (рис. 6) [3].



Рис. 6. – Двухфрезерный каналокопатель Cosmeco Big Storm (Италия)

Фреза представляет собой сварную конструкцию в форме диска и оснащена режущими элементами. Навеска фрез на трактор осуществляется посредством стрелы, которая шарнирно соединена с рамой трактора.

Сменные ножи в зачистном устройстве обеспечивают получение трапециадальной формы дна канала с глубиной до 2 м. Двухфрезерные каналокопатели благодаря высокой скорости резания (скорость вращения фрезы 80 м/с), хорошо работают в торфяных грунтах, в том числе, содержащих захороненную древесину. Потребляемая мощность 105 кВт. Конструктивная масса двухфрезерного каналокопателя составляет 1450 кг.

На рис. 6 изображен двухфрезерный каналокопатель Cosmeco Big Storm во время строительства осушительного канала.

Итальянской фирмой Dondi выпускается двухфрезерный каналокопатель (B558-PA) предназначенный для нарезки каналов трапециадального сечения глубиной до 1 м с односторонним



Рис. 7. – Двухфрезерный каналокопатель Cosmeco Big Storm во время строительства осушительного канала

расположением кавальеров в грунтах 1 и 2 категорий с каменистыми включениями диаметром до 80 мм (рис. 7).

Рабочий орган каналокопателя комбинированный; включает в себя фрезу с рыхлителем, которая прорезает опережающую щель и выбрасывает грунт на левую по ходу машины берму канала, и плуг, который прорезает противоположный откос канала и подает грунт на фрезу. Сочетание плуга и фрезы обеспечивает низкую энергоемкость экскаватора. Однако из-за повышенных тяговых сопротивлений и недостаточно организованных обрушений разрабатываемого грунта на фрезу этот вид рабочего оборудования можно применять лишь на экскаваторах малых типоразмеров (рис. 8).

На основании проведенного анализа существующих конструкций рабочих органов каналокопателей для формирования профиля мелиоративных каналов, можно сделать вывод, что наибольшим преимуществом обладает фрезерный орган, который позволяет за счет специфических форм ножей направленно отбрасывать выкопанный грунт на бермы канала без дальнейшего его разравнивания. В свою очередь двухфрезерный каналокопатель Cosmeco Big Storm (Италия) имеет наименьшую конструктивную массу и наименьшую потребляемую мощность в сравнении с аналогами.

Однако представленные конструкции двухфрезерных каналокопателей не лишены существенных недостатков, которые необходимо устранить путём усовершенствования и обоснования параметров режущего аппарата с целью повышения эффективности его работы.



Рис. 8. – Двухфрезерный каналокопатель «Dondi» (B558-PA)

Заключение

Каналокопатели с активными рабочими органами имеют следующие преимущества перед плужными:

- удельное сопротивление срезаемой стружки зависит только от ее толщины и свойств грунта, но не от размеров сечения канала;

- после отрывки канала не возникает необходимости производить планировку откосов и дна канала;

- не требуется больших тяговых усилий, что создает лучшие условия для проходимости базовой машины;

- обеспечивается хорошее качество каналов с чистыми откосами и дном.

На основании проведенного анализа существующих конструкций рабочих органов каналокопателей для формирования профиля мелиоративных каналов, можно сделать вывод, что наибольшим преимуществом обладает фрезерный орган, который позволяет за счет специфических форм ножей направленно отбрасывать выкопанный грунт на бермы канала без дальнейшего его разравнивания. В свою очередь двухфрезерный каналокопатель Cosmeco Big Storm (Италия) имеет наименьшую конструктивную массу и наименьшую потребляемую мощность в сравнении с аналогами.

Однако представленные конструкции двухфрезерных каналокопателей не лишены существенных недостатков, которые необходимо устранить путём усовершенствования и обоснования параметров режущего аппарата с целью повышения эффективности его работы.

Список использованных источников

1. Строительные машины: Справочник: В 2 т. Т. 1: Машины для строительства промышленных, гражданских сооружений и дорог / А. В. Раннев, В. Ф. Карелин, А. В. Жаворонков и др.; Под ред. Э. Н. Кузина. – М.: Машиностроение, 1991. – 496 с.

2. Суриков В. В. и др. Роторные экскаваторы для сельскохозяйственных мелиораций / В. В. Суриков, Б. Г. Фарberman, В. М. Юрчук; Под ред. В. В. Сурикова. – М.: Агропромиздат, 1987. – 343 с.

3. Фирма «Cosmeco» [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <https://www.cosmeco.it/prodotti/scavafossi-biruota/scavafossi-biruota-big-storm>. - Дата доступа: 20.11.2018.

УДК 631.11

Поступила в редакцию 01.10.2019

Received 01.10.2019

В. В. Голдыбан

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

e-mail: labpotato@mail.ru

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ

Статья посвящена описанию экспериментальных установок, разработанных в последние годы в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», для исследования тягового усилия, трения и износа рабочих органов почвообрабатывающих машин и орудий, вскрытия и объяснения основных явления, происходящих при механическом воздействии рабочих органов на почву.

Ключевые слова: почва, земледельческая механика, трение, тяговое усилие, экспериментальная установка, электроосмос.

V. V. Goldyban

RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»

Minsk, Republic of Belarus

e-mail: labpotato@mail.ru

EXPERIMENTAL INSTALLATIONS FOR RESEARCH ON AGRICULTURAL MECHANICS

The article is devoted to the description of experimental installations developed in recent years in the Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Agricultural Mechanization”, for studying traction, friction and wear of working bodies of tillage machines and implements, opening and explaining the main phenomena that occur during mechanical the impact of working bodies on the soil.

Keywords: soil, agricultural mechanics, friction, traction, experimental setup, electroosmosis.

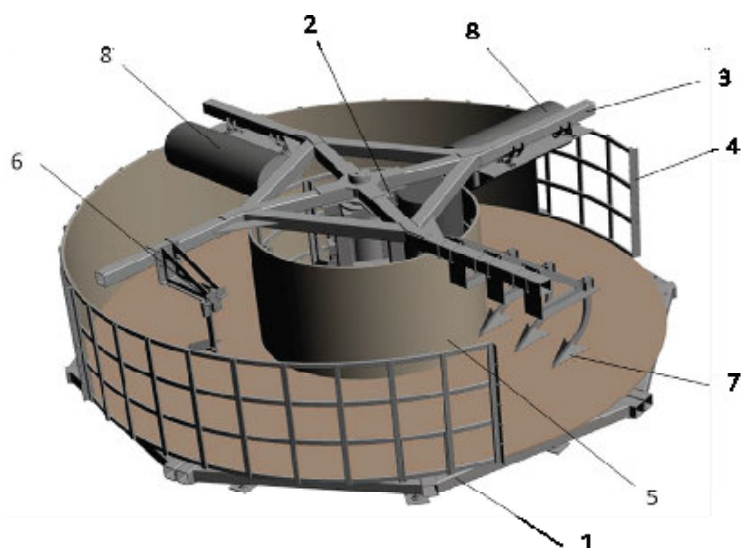
Введение

Разработке новых и совершенствованию существующих почвообрабатывающих машин и орудий предшествует экспериментальное изучение технологических процессов воздействия рабочих органов на почву.

Выбор метода воздействия на почву, как отмечает академик М. Е. Мацепуро, является творческой научной задачей, решение которой сопровождается широкими экспериментальными и опытными проверками. Изучение физической сущности технологических процессов позволяет качественно определить усилия, скорости, оптимальные формы и размеры рабочих органов, их материалы. Проведение опытов расширяет наши познания в исследуемых явлениях. Наблюдение новых явлений и их описанием помогает найти главное, выявить основные зависимости и законы. В результате создаётся соответствующая теория изучаемых процессов, обогащается новыми знаниями земледельческая механика.

Основная часть

Для длительных испытаний рабочих органов почвообрабатывающих машин с целью определения характера и степени их износа, энергетических и качественных показателей рабочего процесса воздействия на почву в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» изготовлена экспериментальная установка кругового действия (рис. 1 и рис. 2).



1 – основание, 2 – механизм привода, 3 – рамка, 4 и 5 – наружное и внутреннее ограждение, 6 – исследуемый рабочий орган, 7 – рыхлящие рабочие органы, 8 – прикатывающие катки

Рис. 1. – Экспериментальная установка (вид сверху)

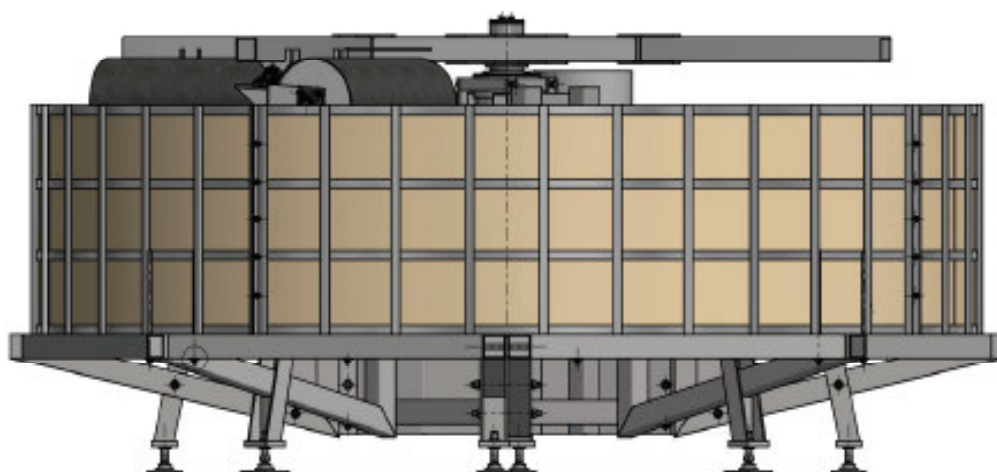


Рис. 2. – Экспериментальная установка (вид сбоку)

Экспериментальная установка состоит из основания, механизма привода, рамки для крепления рабочих органов, наружного и внутреннего ограждения, исследуемого и рыхлящих рабочих органов и прикатывающих катков (рис. 1).

Основание служит каркасом всей установки, на него крепятся привод с ограждениями, его конструкция обеспечивает прочность всей установки.

Кроме того, основание предназначено для регулировки экспериментальной установки в горизонтальной плоскости. Для удобства монтажа основание является разборным и состоит из 6 секторов-ферм. На основании закреплена водостойкая фанера в качестве днища установки.

Рамка установки закреплена на шлицевом валу, который вращается посредством электродвигателя и редуктора. Рамка предназначена для крепления исследуемых рабочих органов, двух прикатывающих катков и ряда стрелчатых лап. Для снижения инерционных нагрузок, привод рамки оборудован реактивной тягой. Для повышения надёжности приводного вала, произведена его термообработка.

Внешний вид установки представлен на рис. 3.

Для приема и распределения электрической энергии управления технологическими электроприемниками, защиты их от перегрузок и коротких замыканий, а также записи выходных параметров изготовлен шкаф управления.



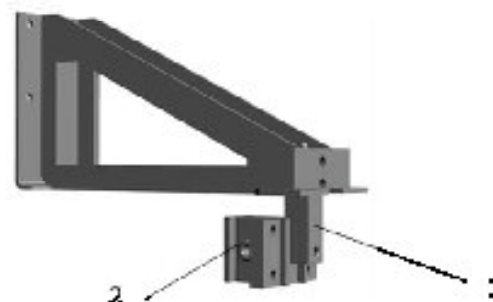
Рис. 3. – Экспериментальная установка

За один оборот рамки осуществляется проход исследуемого рабочего органа, разуплотнение почвы в рабочей зоне стрелчатými лапами и последующее её уплотнение двумя катками. Для создания различной степени уплотнения второй каток заполнен бетоном.

Стрелчатые лапы выполнены с возможностью перемещения по ширине канала и имеют возможность регулировки глубины подкапывания, посредством перемещения стоек в кронштейнах (рис. 4).



а



б

а – стойка с лемехом, *б* – кронштейн; 1 – тензодатчик, 2 – место крепления стойки

Рис. 4. – Крепление рабочих органов к рамке

Исследуемые рабочие органы крепятся посредством стойки и кронштейна (рис. 4, *а* и *б*) на одном из плеч рамки 3 (рис. 4)

Для измерения тягового сопротивления исследуемого рабочего органа его стойка крепится к кронштейну через стальной тензодатчик консольного типа BSA-500 (рис. 4).

Для съёма электрического сигнала от тензометрического датчика и передачи его на неподвижную часть установки и далее к пульту управления был спроектирован и изготовлен токосъёмник кольцевого типа на пять контактов.

Конструкция токосъёмника представлена на рис. 5. Корпусные, крепёжные детали токосъёмника и его внутренняя часть были изготовлены на 3D принтере Центра.

Техническая характеристика установки:

развиваемая мощность, до 11 кВт;
рабочая скорость, до 1,16-7,82 км/ч;
высота установки 1,5 м;
ширина установки 3,5 м;
ширина рабочей зоны 1,15 м.

Изменение линейной скорости рабочих органов осуществляется с пульта управления посредством частотного преобразователя, изменяя обороты электродвигателя привода.

Управление экспериментальной установки осуществляется с помощью сенсорного экрана расположенного на шкафу управления (рис. 6).

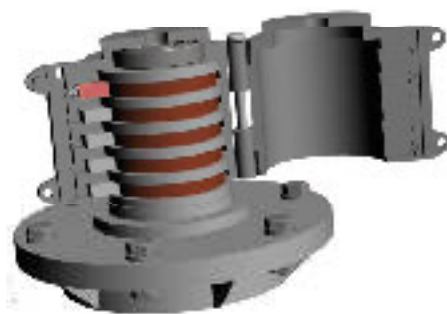


Рис. 5. – Кольцевой токосъёмник



а – вид внутри, б – вид снаружи

Рис. 6. – Внешний вид шкафа управления

Экспериментальная установка для исследования электроосмоса поверхностного типа

Чтобы исследовать влияние электроосмоса поверхностного типа на снижение сопротивление перемещению рабочих органов в почве, изготовлена экспериментальная установка Test bench LB_2018 (рис. 7).

Основная идея применения электроосмоса поверхностного типа заключается в том, что почвенная влага перемещается электрическим током от положительного полюса, размещённого на поверхности рабочего органа, – к отрицательному, размещённому на той же поверхности. Это улучшает смазку водой в контактной границе соприкосновения, и тем самым снижает натяжение и вязкость водной пленки и, следовательно, снижается сопротивление трению рабочей среды.

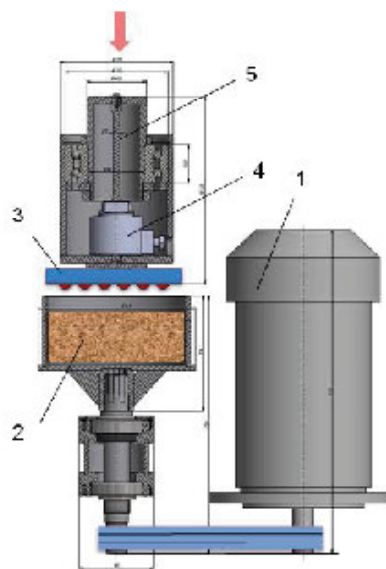
Установка состоит из рамы, механизма привода, чаши с почвой, торсионного вала, инкрементального энкодера, механизма нагружения, электрооборудования и панели управления (рис. 7, а).

Рама установки выполнена из конструкционного алюминиевого профиля для создания определённой прочности и жёсткости конструкции, и удобства монтажа на неё основных узлов установки, а также электрооборудования.

Чаша с грунтом выполнена сварной и приводится во вращение от электродвигателя посредством ременной передачи. Частота вращения чаши изменяется через преобразователь частоты, с пульта управления, в пределах от 150 до 300 мин⁻¹, что соответствует поступательной скорости исследуемой почвы в диапазоне 3-8 км/ч.



a



б

a – внешний вид, *б* – принципиальная схема;

1 – электродвигатель, 2 – чаша с исследуемой почвой, 3 – диск с электроосмотической поверхностью, 4 – инкрементальный энкодер EIL 580 P, 5 – вал торсионный

Рис. 7. – Внешний вид макетной установки Test bench LB_2018

Нажимной диск 1 жёстко закреплён на торсионном валу 4. К диску через рычаг 5 (рис. 8) для создания давления почвы на диск прикладывается вертикальная нагрузка (табл. 1) в интервале 0,012-0,057 МПа, что соответствует нагрузкам на рабочие поверхности в реальных условиях эксплуатации.

Характеристики торсионного вала:

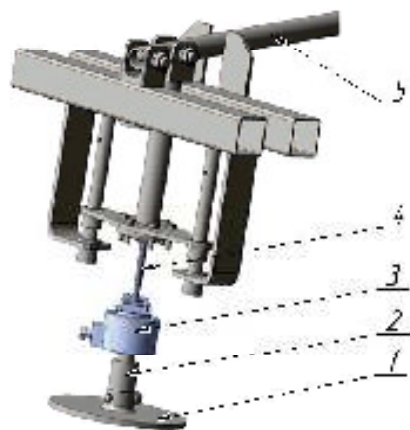
материал – сталь 65Г;

термообработка – 45 HRC;

предел прочности при растяжении $\sigma_b = 1500$ МПа;

предел текучести $\sigma_t = 1250$ МПа;

предел прочности при кручении $[\tau_{кр}] = 260$ МПа.



1 – диск с электроосмотической поверхностью; 2 – соединительная муфта; 3 – инкрементальный энкодер EIL 580 P; 4 – вал торсионный, 5 – рычаг приложения нагрузки

Рис. 8. – Схема крепление рабочего органа

Принцип действия установки заключается в следующем. Диск с тестируемой поверхностью прижимается с определённым усилием к вращающейся чаше с почвой. Под действием трения между почвой и диском торсионный вал, на котором закреплён диск, закручивается на определённый угол. Этот угол регистрировали с помощью инкрементального энкодера.

Угол закручивания отображается на панели управления, здесь же его значение пересчитывается в крутящий момент на валу по выражению:

$$M_k = \frac{\alpha \cdot \pi \cdot G \cdot I_k \cdot 10^{12}}{l \cdot 180^\circ \cdot 10^2},$$

где M_k – крутящий момент, Н·м;

l – рабочая длина вала, мм;

G – модуль упругости при кручении, $G = 8 \cdot 10^4$ МПа (Н/мм);

I_k – момент инерции сечения рабочей части вала при кручении, мм⁴,

$I_k = 235,718$.

Потребная мощность на преодоление трения диска о почву без учёта затрат на электроосмос рассчитывается по выражению:

$$N_{\text{тр}} = \frac{M_{\text{к}} \cdot n}{9,55}, \text{ Вт}, \quad (17)$$

где n – частота вращения чаши, мин^{-1} .

Установка позволяет создавать скоростные и силовые нагрузки на рабочую среду, характерные для реальных условий работы почвообрабатывающих рабочих органов (табл. 1).

Т а б л и ц а 1. – Силовые и режимные параметры установки

Показатели	Давление на почву, МПа	Нажимное усилие, Н	Нажимное усилие, кг	Скорость движения диска, км/ч
Минимальное значение	0,012	184,73	18,83	3
Максимальное значение	0,057	877,45	89,44	8

Техническая характеристика макетной установки представлена в табл. 2.

Т а б л и ц а 2. – Техническая характеристика

Показатели	Значение
Развиваемая мощность, кВт	до 1,0
Линейная скорость чаши, км/ч	3-8
Диаметр диска, м	0,15
Угол закручивания торсионного вала,	до 10°
Тип энкодера	оптический

Изменение параметров электрического тока осуществляется с помощью пульта управления в пределах 12–30 В и 1–5 А.

Заключение

Представленные в статье установки позволяют исследовать тяговые усилия, трение и износ рабочих органов почвообрабатывающих машин и орудий, вскрыть и объяснить основные явления, происходящие при механическом воздействии рабочих органов на почву.

А. В. Ващула^{1,2}, Л. Г. Сапун¹, А. В. Захаров¹

¹УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»

г. Минск, Республика Беларусь

e-mail: zaharov_av7@tut.by

²ГУ «Белорусская МИС»

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

belmis@mail.belpak.by

**ВЛИЯНИЕ УГЛА ОПЕРЕЖЕНИЯ ВПРЫСКА ТОПЛИВА ДВИГАТЕЛЯ Д-245
ОАО «УКХ «МИНСКОГО МОТОРНОГО ЗАВОДА»
НА ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ**

В статье рассмотрены вопросы ограничения по снижению уровня эмиссии отработавших газов в соответствии с Правилами ЕЭК ООН 49-02В (Евро 2). Приведен выбор базовой характеристики зависимости угла опережения впрыска топлива и частоты вращения от топливной экономичности и токсичности отработавших газов. Предложены дополнительные конструктивные мероприятия для обеспечения норм выброса вредных веществ Евро 2 двигателем Д-245.

Ключевые слова: двигатель, автоматическая система управления топливоподачи, угол опережения впрыска топлива, токсичность отработавших газов.

A. V. Vashchula^{1,2}, L. G. Sapun¹, A. V. Zakharov¹

¹*Educational Establishment «Belarusian State Agrarian Technical University»*

Minsk, Republic of Belarus

e-mail: zaharov_av7@tut.by

²*SI «Belarussian MTS»*

Privolny, Minsk district, Minsk region, Republic of Belarus

belmis@mail.belpak.by

**INFLUENCE OF THE ANGLE OF ADVANCE OF INJECTION OF FUEL OF THE Д-245 ENGINE
OF MINSKOGO MOTORNOGO ZAVODA ON ECOLOGICAL INDICATORS**

In article questions of restriction on drop of level of emission of the fulfilled gases according to UNECE Regulations 49-02B are considered (Euro 2). The choice of basic characteristic dependence of angle of advance of injection of fuel and rotary speed on fuel efficiency and toxicity of the fulfilled gases is given. Additional constructive actions for ensuring norms of blowout of harmful substances of Euro 2 Д-245 engine are offered.

Keywords: the engine, automatic control system of fuel feeding, fuel injection angle of advance, toxicity of the fulfilled gases.

Введение

Ограничения по снижению уровня эмиссии отработавших газов и уровню шума работы, наряду с обеспечением более низкого расхода топлива постоянно формирует новые требования к системе топливоподачи дизельных двигателей.

На современном этапе эти показатели, в полной мере, могут обеспечиваться 3-мя путями.

Первый – совершенствование конструкции (оптимизация размерности, выбор типа камеры сгорания и степени сжатия, уровня форсирования, создание вихревого движения воздушного заряда в камере сгорания). Но он реален только на стадии создания дизеля. Поэтому говорить о нем, применительно к серийным тракторным дизелям, – смысла нет.

Второй – оснащение серийных дизелей устройствами и системами очистки отработавших газов. Это могут быть, прежде всего, термические, каталитические, восстановительные или жидкостные нейтрализаторы, фильтры различных конструкций. Т. е. данный путь предусматри-

вает очистку отработавших газов от уже образовавшихся в них токсичных компонентов и позволяет снизить выбросы продуктов неполного сгорания топлива – монооксида углерода, углеводородов и твердых частиц (сажи), причем значительно. Но он недостаточно эффективен при очистке отработавших газов от особо вредных компонентов – оксидов азота [1, 2].

Поэтому наиболее оптимальным следует считать третий путь – применение автоматических систем управления (АСУ) рабочим процессом, способных создать такие условия, при которых уменьшается образование токсичных компонентов в самой камере сгорания.

Основная часть

Автоматические системы управления могут обеспечить оптимальные, для данного режима работы дизеля, коэффициент избытка воздуха, угол опережения впрыскивания топлива, фазы газораспределения; улучшить качество распыливания топлива; организовать рециркуляцию отработавших газов и подачу воды в камеру сгорания. Прежде всего потому, что АСУ – чрезвычайно гибкие, способные адаптироваться к широким диапазонам скоростных и нагрузочных режимов работы дизеля системы, в том числе к особо опасным в экологическом смысле режимам с пониженной частотой вращения коленчатого вала и частичными нагрузками.

Наиболее простое и в то же время достаточно эффективное средство воздействия АСУ на рабочий процесс дизеля – управление топливоподачей, а именно цикловой подачей и моментом начала впрыскивания топлива (углом опережения впрыскивания). Причем сильнее всего на выбросы особенно вредных компонентов отработавших газов, оксидов азота, влияет именно угол опережения впрыскивания, т. к. от этого угла зависят период задержки воспламенения, характеристики первой фазы сгорания и максимальная температура в камере сгорания.

Так, чем меньше угол опережения, тем меньше период задержки воспламенения и максимальная температура сгорания топлива, тем дальше по линии расширения смещается процесс сгорания и тем, следовательно, меньше образуется оксидов азота. Правда, при этом возникает другая опасность – ухудшение топливной экономичности и увеличение выбросов продуктов неполного сгорания топлива, т. е. монооксида углерода, углеводородов и сажи, особенно на режимах с большими нагрузками (полной подачи топлива). Поэтому на них, АСУ должна существенно уменьшать угол опережения впрыскивания. А на режимах с малыми нагрузками – несколько меньше и только для снижения выбросов оксида азота, так как здесь топливо успевает сгорать и без такого уменьшения.

Выбор оптимального закона управления топливоподачей (базовой характеристики управления углом опережения впрыскивания), оптимизирующего ее как по экономичности, так и токсичности отработавших газов, – задача трудная, поскольку экономические и экологические показатели дизелей находятся в сложной зависимости. Находят его, в общем случае, разными методами: иерархической последовательностью частных критериев; определением множества неуправляемых точек и т. п. Однако выбор базовой характеристики для дизеля Д-245 облегчается: он, работая при $\theta = 19^\circ$ поворота коленчатого вала (п. к. в.), выбрасывает с отработавшими газами монооксида углерода и углеводородов меньше (соответственно 2,1 и 0,46 г/(кВт·ч), чем это допускается нормами Евро 2 (4,0 и 1,1 г/кВт·ч). Кроме того, количество выбрасываемых им твердых частиц можно существенно (на 70–80% и более) снизить с помощью фильтра в выпускной системе. В итоге задача определения базовой характеристики управления для него сводится к оптимизации лишь по двум критериям – топливной экономичности и выбросу оксидов азота. Что и было сделано после принятия решения устанавливать дизели Д-245 на автомобиль МАЗ 4570 и его модификации.

Для этой цели провели серию экспериментов, в ходе которых, при разных углах опережения впрыскивания и разных частотах вращения коленчатого вала, определяли удельные эффективные расходы топлива и концентрации оксидов азота в отработавших газах (рис. 1).

Итогом обработки множества таких графиков и стала базовая характеристика, оптимизированная по топливной экономичности и токсичности отработавших газов (рис. 2).

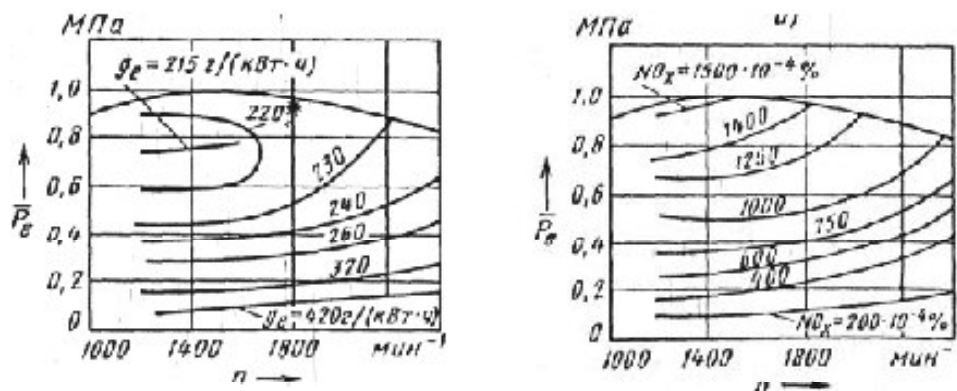


Рис. 1. – Диаграмма изменения NO_x и g_e , г/кВт·ч, при различных n , мин⁻¹

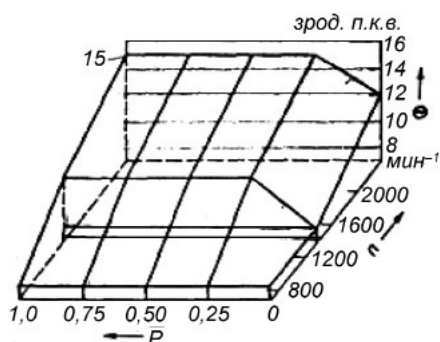


Рис. 2. – Базовая характеристика, оптимизированная по топливной экономичности и токсичности отработавших газов

Как видно из рисунка, характеристика предусматривает, что угол опережения впрыскивания уменьшается с 15° п. к. в. на номинальном режиме работы дизеля до 8° п. к. в. до ВМТ на режимах холостого хода. Благодаря этому, при работе дизеля по 13-ступенчатому циклу, выбросы оксидов азота снижаются с 11,8 до 6,0 г/(кВт·ч). То есть, по данному показателю, обеспечиваются требования Евро 2. И хотя вместе с тем несколько возрастают выбросы монооксида углерода (с 2,1 до 3,4 г/(кВт·ч) и углеводородов (с 0,46 до 0,6 г/(кВт·ч)), нормы данного стандарта выполняются и по ним. Средний же удельный расход топлива возрастает незначительно – с 313 до 318 г/(кВт·ч), или с 230 до 234 г/(л.с·ч).

Приведенные результаты экспериментальных и расчетных исследований дают базу для создания конструкции системы автоматического управления топливоподачей для

двигателя Д-245, обеспечивающей нормы выброса вредных веществ в соответствии с Правилами ЕЭК ООН 49-02В.

Заключение

Обеспечение норм выброса вредных веществ в соответствии с Правилами ЕЭК ООН 49-02В также можно обеспечить следующими конструктивными доработками на основе опыта Минского моторного завода (ММЗ):

- применение топливных насосов размерности 11×12 мм (ЯЗДА и «Моторпал») для обеспечения давления впрыска 90–100 МПа.
- применение форсунки с уменьшенной массой подвижных деталей и с давлением начала подъема иглы 24 МПа (и пятисопловые распылители с объемом предсоплового канала 0,3 мм³);
- выполнение головки цилиндров с винтовыми впускными каналами;
- применение турбокомпрессора, регулируемого по наддуву;
- обеспечение уменьшения расхода масла на угар в цилиндропоршневой группе до 0,4 г/кВт·ч.
- применение охладителя надувочного воздуха.

Так же обеспечение норм выброса вредных веществ в соответствии с нормами Евро 2 позволит применение аккумуляторных систем топливоподачи типа Common Rail 2-го поколения с электрогидравлическими форсунками.

Список использованных источников

1. Грехов Л. В., Габитов И. И., Неговора А. В. Конструкция, расчет и технический сервис топливоподающих систем дизелей: Учебное пособие. – М: Легион-Автодата, 2013. – 292 с.
2. Применение аккумуляторной системы топливоподачи на двигателях производства ОАО «УКХ «Минский моторный завод» / А. В. Ващула, Л. Г. Сапун, А. В. Захаров, В. П. Бакиновский / Механизация и электрификация сельского хозяйства: Межведомственный тематический сборник РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства». – 2018. – Вып. 52. – С. 259–261.

А. Н. Юрин, В. В. Викторович

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

ПРОБЛЕМА МЕХАНИЗИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ МЕЖДУРЯДИЙ И РЯДОВ ПИТОМНИКОВ И ЯГОДНИКОВ

В статье поднят вопрос борьбы с сорняками в питомниководстве. Представлен краткий обзор средств механизации для обработки почвы в питомниках и ягодниках.

Ключевые слова: плодоводство, посадочный материал, сорные растения, средства механизации, высококлиренсное энергетическое средство, культиватор пропашной.

A. N. Jurin, V. V. Viktorovich

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

THE PROBLEM OF MECHANIZED PROCESSING OF INTERFACE AND RANKS OF KENNELS AND BERRIES

The article raises the issue of weed control in the nursery. A brief overview of the means of mechanization for tillage in nurseries and berry fields is presented.

Keywords: fruit growing, planting material, weeds, means of mechanization, high-clearance energy means, cultivated torus.

Введение

Отрасль плодоводства представляет собой базис устойчивого функционирования и развития всего плодово-ягодного подкомплекса Республики Беларусь. Не являясь ведущей в сельском хозяйстве страны, она имеет значительный потенциал для дальнейшего развития и повышения эффективности производства высококачественной конкурентоспособной продукции с ориентацией на экспорт при достаточно высоком уровне рентабельности.

В плодоводстве повышение урожайности плодовых и ягодных культур, снижение себестоимости продукции связано с дальнейшим совершенствованием технологии производства посадочного материала, одним из составляющих которого является борьба с сорной растительностью.

Создание благоприятных условий для функционирования корневой системы посадочного материала плодовых культур за счет уничтожения сорной растительности в междурядьях и околостамбовой зоне – одна из главных задач ухода за почвой в питомнике на протяжении всей его жизни. Только в этом случае может стать эффективным весь комплекс агротехнических мероприятий по получению высоких стабильных урожаев в будущем.

Объекты и методы исследований

Объектом исследований являлись существующие методы защиты растений от сорняков. Проводились исследования состояния средств механизации для уничтожения сорняков и рыхления почвы в междурядьях плодовых питомников и ягодников.

Результаты исследований

В связи с планируемым увеличением производства плодов и ягод, увеличивается и роль питомников, которые обеспечивают садоводческие хозяйства высококачественным посадочным материалом заданного сортимента. Без выращивания саженцев невозможно достигнуть необходимой сортосмены и замены возрастных посадок в саду.

Вопросу борьбы с сорняками в питомниководстве, последнее время, уделяется большое внимание, поскольку на сильно засоренных посадках невозможно получить должную отдачу от всех приемов интенсификации питомниководства [1].

Сорняки снижают зимостойкость растений, являются резерваторами многих вредителей и возбудителей болезней. Активность микробиологических процессов в почве на засоренных участках также снижается. Сорные растения обладают большей пластичностью и устойчивостью к поражению болезнями и вредителями; имеют более мощную корневую систему; способны извлекать питательные вещества и воду из более глубоких слоев почвы; успешно соседствуют с культурными растениями.

Развитая корневая система сорных растений механически ограничивает развитие корневых систем культурных растений. Все это отрицательно сказывается на росте и онтогенезе саженцев плодовых и ягодных культур, что, в свою очередь, приводит к ухудшению качественных показателей посадочного материала [2].

В настоящее время процесс прополки междурядий и рядов в питомниках и ягодниках осуществляется преимущественно вручную, что является очень трудоемкой и дорогостоящей операцией, на выполнение которой затрачивается до 100 чел.ч/га, что эквивалентно 10–15% общих затрат ручного труда в технологии возделывания плодовых культур. Исходя из того, что за осенний период 2018 года, по данным полученным от субъектов хозяйствования Республики Беларусь, было произведено около 1,5 млн. штук саженцев плодовых и более 4,5 млн. штук саженцев ягодных растений [3,4], то затраты ручного труда, в денежном эквиваленте, на производство вышеозначенного посадочного материала, при среднемесячной заработной плате в растениеводстве в 799,90 рублей [5] и среднемесячной норме планового фонда рабочего времени 167,3 часа [6], составят около 6263712,00 руб./месяц.

Таким образом, очевидно, что без применения эффективных мер борьбы с сорняками, получить высококачественный посадочный материал, необходимый для дальнейшей интенсификации садоводства, довольно затруднительно.

Агротехнические требования, предъявляемые к выполнению технологических операций в плодовых питомниках, имеют ряд существенных отличий от таковых в садах и ягодниках интенсивного типа: поверхностное расположение корневой системы растений, узкие междурядья, небольшое расстояние между растениями в ряду, недостаточная ширина колеи для свободного прохода машинно-тракторного агрегата. Поэтому в питомниках зачастую возникает проблемная ситуация, при которой эффективное использование машин, предусмотренных системой сельскохозяйственных машин и орудий для механизации работ в плодоводстве, затруднительно.

Для решения этой проблемы в настоящее время применяют агротехнические, биологические и химические методы защиты растений от сорняков [7].

Агротехнические меры борьбы с сорняками – это уничтожение сорняков механическими способами с помощью режущих рабочих органов орудий во время основной, предпосевной, междурядной обработки и ручной прополки, а также точный выбор растениеводческих параметров, технологии мероприятий и системы земледелия, способствующих хорошему развитию культивируемых растений и угнетению сорняков. Агротехнические методы являются основными в современном интенсивном земледелии и считаются более дешевыми по сравнению с другими способами. Кроме того, эти методы хорошо сочетаются с основными мероприятиями обработки почвы.

При биологическом методе используются вирусы, бактерии, грибы, насекомые, клещи, нематоды, птицы, грызуны, растения и другие живые организмы с целью избирательного истребления сорной растительности, которые не наносят ощутимого вреда урожаю культур. Подобный способ имеет свои преимущества и недостатки. С одной стороны, он достаточно дешев и при

правильном применении эффективен на протяжении длительного времени. С другой стороны, очень сложно правильно подобрать организмы, которые, сдерживая развитие сорного растения, не приносили бы вреда самим культурам.

В системе борьбы с сорной растительностью в настоящее время предпочтение отдается применению гербицидов – химических веществ, уничтожающих или подавляющих сорняки. Однако, несмотря на накопленный опыт применения гербицидов и важные достижения в этой области, использование гербицидов в питомниководстве остается ограниченным ввиду чувствительности посадочного материала ко многим гербицидам, угнетающим рост и развитие молодых растений [8,9]. Кроме того, полный отказ от механической обработки ведет зачастую к негативным последствиям. Развивается эрозия почвы, а на тяжелых почвах нарушается водная и воздушная проницаемость, что в конечном итоге отрицательно сказывается на росте растений. Следует также иметь в виду, что боязнь остаточных явлений заставляет применять гербициды выборочного действия, которые уничтожают один из видов сорняков, но его, тут же, замещают другие, на которые данный гербицид действует мало или совсем не действует. Поэтому, несмотря на очевидные преимущества химических методов защиты, полностью отказаться от механической борьбы с сорняками, даже на легких почвах, не представляется возможным.

Основным недостатком существующих средств механизации для обработки почвы в питомниках и ягодниках является отсутствие эффективных рабочих органов для рыхления почвы и уничтожения сорной растительности в околоштамбовой зоне, качество обработки которой непосредственно сказывается на качестве посадочного материала.

Кроме того, применяемые в большинстве хозяйств механизированные технологии возделывания плодовых питомников и ягодников являются многооперационными, и на каждую операцию выпускается отдельная машина. Отсюда крайняя напряженность технологических процессов, многочисленность операций и технических средств, весьма скромные результаты по сокращению затрат труда и росту производства продукции.

Создание технических средств механизации для питомников и ягодников осложняется из-за отсутствия высококлиренсного энергетического средства (ВЭС) с двигателем необходимой мощности.

Применение высококлиренсных самоходных шасси чайной и табачной модификации – Т-16ММЧ и Т-16МВТ не дало желаемых результатов, так как мощность двигателей этих шасси не позволяет эффективно использовать их при уходе за питомниками, междурядной обработке, особенно машинами с фрезерными рабочими органами. Их можно использовать лишь на работах, не требующих больших затрат мощности. Кроме того, они не отвечают современным экологическим, эргономическим, эстетическим требованиям.

В связи с этим в настоящее время остается проблемой изыскание оптимальной конструктивно-технологической схемы технического средства для осуществления технологического процесса пропалывания междурядий и рядов питомников и ягодников.

На современном этапе необходимы машины дешевые, экономичные, производительные, универсальные, рассчитанные на массового потребителя, отвечающие требованиям ресурсосберегающих технологий, соответствующие более высокому классу в сравнении с существующими агрегатами, объединяющие ряд технологических операций, и обеспечивающие сокращение тракторного парка и расхода горючесмазочных материалов (ГСМ).

Созданное Всероссийским селекционно-технологическим институтом садоводства и питомниководства (ВСТИСП) (Российская Федерация, Москва) высококлиренсное энергетическое средство ВЭС-45А (рис. 1) с набором сменных модулей, позволяет осуществлять не только уборку урожая различных видов смородины и других ягодных кустарниковых культур, но и агротехнический уход за питомниками и ягодными кустарниковыми насаждениями [10].

Основа высококлиренсного энергосредства – трактор ВТЗ-2048А, его силовая установка, трансмиссия, шасси, кабина с капотной частью.

Разработанная на базе высококлиренсного энергетического средства ВЭС-45А сменно-модульная машина МВП-4 предназначена для выполнения основного цикла работ, связанных с уходом за растениями в плодовых и лесных питомниках: обработка почвы в междурядьях, борьба с сорняками, болезнями, вредителями и обрезка.



а

б

а – вид справа; *б* – вид спереди

Рис. 1. – Высококлиренсное энергетическое средство ВЭС-45А

Машина оборудована навесными сменными технологическими модулями: *культиватором фрезерным КФ-2,7, культиватором пропашным КП-2,7, универсальным малообъемным опрыскивателем ОПУ-5, агрегатом пневматическим АП-8 для обрезки растений.*

Культиватор фрезерный КФ-2,7 (рис. 2, *а*) предназначен для уничтожения сорняков и рыхления почвы в междурядьях плодовых и лесных питомников. Выполняет крошение почвы, измельчение сорной растительности, перемешивание измельченной сорной растительности с почвой. Может работать на склонах до 6°.

Культиватор пропашной КП-2,7 (рис. 2, *б*) предназначен для уничтожения сорняков и рыхления почвы в междурядьях плодовых и лесных питомников: при работе плоскорежущими рабочими органами – на глубину 5–12 см, рыхлительными лапами – до 16 см.

Разработанный ГНУ ВСТИСП Россельхозакадемии сменномодульный комбайн КСМ-5, на базе высококлиренсного энергетического средства ВЭС-45А с комплексом технических средств для обрезки, обработки почвы и опрыскивания, может убирать ягоды черной и красной (белой) смородины с 20–30 га за сезон, а также использоваться для механизации работ при интенсификации культивирования крыжовника, аронии черноплодной и шиповника.

Комбайн кроме уборки ягод может выполнять технологические операции, связанные с обработкой почвы в междурядьях, борьбой с болезнями и вредителями и контурной обрезкой ягодных кустарников посредством замены сменных рабочих модулей: культиватора фрезерного



а



б

а – культиватор фрезерный КФ-2,7; *б* – культиватор пропашной КП-2,7

Рис. 2. – Сменные технологические модули машина МВП-4 для обработки почвы и уничтожения сорняков

КФ-4 (КСМ-5-02), культиватора пропашного КП-4 (КСМ-5-03), опрыскивателя малообъемного ОМУ-600 (КСМ-5-01), обрезчика контурного ОК-1 (КСМ-5-04).

Культиватор КП-4 (КСМ-5-03) (рис. 3, а) предназначен для уничтожения сорняков и рыхления почвы в междурядьях ягодных насаждений при работе плоскорежущими рабочими органами на глубину 5–12 см, при работе рыхлительными лапами – до 16 мм.

Культиватор фрезерный КФ-4 (КСМ-5-02) предназначен для уничтожения сорняков, и рыхления почвы в междурядьях плодовых питомников и ягодных кустарников (рис. 3, б).



а – пропашной культиватор КП-4 (КСМ-5-03); б – фрезерный культиватор КФ-4 (КСМ-5-02)

Рис. 3. – Сменные технологические модули комбайна КСМ-5 для обработки почвы и уничтожения сорняков

Кроме ВСТИСП, разработкой технических средств для механизации работ в питомниках и ягодных кустаниковых насаждениях, занимается Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (Российская Федерация, Москва) [11].

На рис. 4 представлено самоходное универсальное высококлиренсное гидрофицированное энергосредство с электронным управлением (СУВЭС).

Энергосредство предназначено для работы в садах интенсивного типа, питомниках (опрыскивание, обработка почвы в междурядьях), ягодниках и виноградниках (обработка почвы в междурядьях, опрыскивание, обрезка насаждений, уборка урожая). Дополнительно СУВЭС может быть использовано при выполнении технологических операций (опрыскивание, обработка почвы) на высокостебельных технических культурах.

Культиватор пропашной высококлиренсный (рис. 5, а) предназначен для рыхления и выравнивания поверхностного слоя почвы, сохранения влаги, уничтожение сорняков в междурядьях садов интенсивного типа, питомников, ягодников и виноградников при работе плоскорежущими рабочими органами на глубину 5–12 см, при работе рыхлительными лапами до 16 см. В конструкции культиватора предусмотрена возможность изменения ширины захвата для работы на 3-х, 4-х, 5-ти междурядьях.

Культиватор фрезерный высококлиренсный (рис. 5, б) предназначен для интенсивного рыхления и выравнивания поверхностного слоя почвы, сохранения влаги, уничтожения сорняков в междурядьях садов интенсивного типа питомников, ягодников и виноградников



Рис. 4. – Самоходное универсальное высококлиренсное гидрофицированное энергосредство с электронным управлением (СУВЭС)



а – культиватор пропашной высококлиренсный; *б* – культиватор фрезерный высококлиренсный
Рис. 5. – Сменные технологические модули комбайна КСМ-5 для обработки почвы и уничтожения сорняков

Технологический модуль для междурядной обработки маточника УКМ–МО УКМ (РНТЦ «Индустриальные машинные технологии интенсивного садоводства», Российская Федерация, г. Мичуринск) предназначен для уничтожения сорняков и рыхления почвы в междурядьях маточника вегетативно размножаемых плодовых подвоев (рис. 6).



Рис. 6. – Технологический модуль для междурядной обработки маточника УКМ–МО

В то же время, за рубежом, широкое распространение стали получать прицепные почвообрабатывающие машины, оборудованные парными пассивными либо активными рабочими органами с вертикальной осью вращения, управление которыми осуществляется оператором, находящимся на машине во время работы.

Преимуществом таких машин является возможность управления качеством выполнения технологического процесса обработки почвы непосредственно с машины, а также возможность обработки почвы вокруг растений одновременно с двух сторон, что значительно повышает производительность труда и является экономически целесообразным.

На рис. 7 представлен многофункциональный прополочный культиватор P501/1 производства фирмы Solan (Республика Польша), предназначенный для осуществления операций удаления сорняков, разрыхления почвы, изготовления рядов для растений в плодородных питомниках [12].

Представленная на рисунке 8 навесная прополочная машина ZUZA 3 (пропольщик гидравлический) производства фирмы Jagoda (Республика Польша) предназначена для обработки междурядных зон путём механического удаления сорняков и рыхления поверхности на глубину до 3 см в современных садах и ягодниках интенсивного типа [13]. Машина применяется для обработки земляники садовой, молодой смородины и других растений высотой до 50 см.



Рис. 7. – Многофункциональный прополочный культиватор P501/1

Согласно приведенному обзору, развитие сельскохозяйственной техники в области питомниководства движется в направлении создания универсальных специализированных самоходных шасси с комплектом сменного навешиваемого оборудования для возделывания и уборки плодоягодных культур. Самоходные шасси за счет четырех управляемых колес имеют лучшую маневренность по сравнению с обычными тракторами, обеспечивают лучший обзор оператору (при навесе оборудования в портале шасси прямо перед кабиной), позволяют оперативно настраивать колею шасси, посредством гидросистемы, непосредственно из кабины оператора и имеют систему компенсации для работы на склоновых землях. При этом стоит отметить, что при эксплуатации таких машин в силу уплотненной посадки растений в плодоягодных питомниках оператору из-за низкой психомоторной реакции достаточно сложно соблюдать требуемую точность обработки почвы в соответствии с агротехническими требованиями к качеству выполняемого процесса, особенно на повышенных скоростях. Данную проблему можно решить дооснащением сельскохозяйственных машин системами автоматического вождения, что позволит значительно повысить производительность, сократить затраты труда, снизить расход ГСМ и улучшить условия труда обслуживающего персонала.



Рис. 8. – Прополочная машина ZUZA 3

Заключение

1. Для получения высококачественного посадочного материала, необходимого для дальнейшей интенсификации садоводства, необходимо применение эффективных мер борьбы с сорняками.
2. Механический метод защиты посадочного материала от сорняков является более предпочтительным по сравнению с химическим методом, угнетающим рост и развитие молодых растений.
3. Ручной процесс прополки междурядий и рядов в питомниках и ягодниках является очень трудоемкой и дорогостоящей операцией, на выполнение которой затрачивается до 100 чел.ч/га, что с учетом имеющихся площадей, отведенных под плодоягодные питомники, ориентировочно составляет 6263712,00 руб./месяц.
4. Эксплуатация универсальных специализированных самоходных шасси с комплектом сменного навешиваемого оборудования для возделывания и уборки культур является недостаточно эффективной из-за низкой психомоторной реакции оператора, не позволяющей обеспечить требуемую точность обработки почвы.

8. Увеличение точности обработки почвы в плодоягодных питомниках можно решить дооснащением сельскохозяйственных машин системами автоматического вождения, что позволит значительно повысить производительность, сократить затраты труда, снизить расход ГСМ и улучшить условия труда обслуживающего персонала.

Список использованных источников

1. Алиев, А. М. Вредоносность сорных растений / А. М. Алиев, В. Ф. Ладонин // Защита растений. – 1990. – № 5. – С. 15–16.
2. Лобач, О. К. Видовое разнообразие и динамика засоренности посевов основных зерновых культур многолетними сорными растениями / О. К. Лобач, С. В. Сорока, Л. И. Сорока // Земледелие и защита растений. – 2017. – № 6 (115). – С. 25–28.
3. Режим доступа: <https://ggiskzr.by/news/709.html> Дата доступа: 29.07.2019.
4. Организационно-технологические нормативы возделывания овощных, плодовых, ягодных культур и выращивания посадочного материала [Текст]: сборник отраслевых регламентов / В. Г. Гусаков [и др.]; Национальная академия наук Беларуси, Республиканское научное унитарное предприятие «Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси». – Минск: Беларуская навука, 2010. – 519 с.
5. Режим доступа: <http://bii.by/tx.dll?d=394066> Дата доступа: 29.07.2019.
6. Режим доступа: <https://ilex.by/o-rabochem-vremeni-v-2019-godu/> Дата доступа: 30.07.2019.
7. Баздырев, Г. И. Защита сельскохозяйственных культур от сорных растений: учебное пособие / Г. И. Баздырев. – М.: Колос, 2004. – 328 с.
8. Захаренко, В. А. Гербициды / В. А. Захаренко. – М.: Агропромиздат, 1990. – 240 с.
9. Быстрая, Г. В. Гербициды в плодовом питомнике / Г. В. Быстрая // Защита растений. – 1990. – № 3. – С. 32.
10. Бычков, В. В. Новые машины для ухода за почвой в садах / В. В. Бычков, А. А. Цымбал, С. В. Сольшковы // Садоводство и виноградарство, 1998. – № 3. С. 9–11.
11. Бычков, В. В. Тенденции развития машин для обработки почвы в садах и ягодниках [Текст] / В. В. Бычков, Г. И. Кадыкало, В. А. Шевкун // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева, 2011. – № 2. С. 59–63.
12. Режим доступа: <http://solan.lublin.pl/maszyny-rolnicze/pielnik-obsypnik/>. Дата доступа: 05.08.2019.
13. Режим доступа: https://agrobeltarus.by/market/selhoz_rast_other/propalyvatel_mezhduryadya_sadovyy_zuza/ Дата доступа: 06.08.2019.

УДК (631.331:022:633.521)

Поступил в редакцию 11.08.2019

Received 11.08.2019

С. Ф. Лойко, Е. Н. Похиленко

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

e-mail: vozd_ub_len@mail.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУХОАГНЕТАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ КОМБИНИРОВАННОЙ ПНЕВМОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ВЫСЕВА ЛЬНА

В статье приведены результаты теоретических исследований по определению скорости перемещения потока воздушной смеси для семян и удобрений.

Ключевые слова: производительность, схема, сеялка, машина, анализ, система высева семян, расчет.

S. F. Loiko, E. N. Pokhilenko

RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»

Minsk, Republic of Belarus

e-mail: vozd_ub_len@mail.ru

DETERMINATION OF PARAMETERS OF AIR-INFORMATION INSTALLATION OF COMBINED PNEUMOMECHANICAL SYSTEM OF FLAX SEEDING

The article presents the results of theoretical studies to determine the speed of movement of the air mixture flow for seeds and fertilizers.

Keywords: performance, scheme, seeder, machine, analysis, seeding system, calculation.

Введение

Общая картина распределения семян по глубине и площади поля является результатом взаимодействия множества факторов: качественных показателей предпосевной подготовки почвы, технологических свойств семян, типа и конструкции системы высева, высевающих аппаратов, семяпроводов, сошников и загортачных устройств.

Многочисленные исследования показывают, что в создании определенной последовательности укладки семян в рядке значительную роль играет тип высевающей системы и её конструктивные элементы.

На процесс устойчивого транспортирования однокомпонентной (семена или минеральные удобрения), также как и двухкомпонентной полидисперсной смеси (семена и минеральные удобрения) в посевных машинах с пневматической системой высева основное влияние оказывает концентрация смеси μ , определяемая отношением массовых расходов посевного материала (твёрдой фазы) и воздуха.

Под устойчивым транспортированием понимается такая скорость перемещения материала, при которой исключается выпадение его из потока и перемещение по дну трубопровода, т. е. – на границе «завала» [1].

Это достигается увеличением расхода воздуха, т.е. снижением значения коэффициента μ , что не всегда возможно по конструктивным причинам (ограничения по площади поперечного сечения материалопровода, его длины и др.) и отсутствия источников воздушного потока с необходимой производительностью и давлением. Поэтому необходимо определение оптимальной концентрации конкретно для каждого технологического процесса. Так, для пневмотранспортеров-перегрузателей зерна с шлюзовыми питателями – $\mu = 3-4$, а для сеялок централизованного высева – $\mu = 2-2,5$. При больших значениях наблюдается осаждение транспортируемых материалов, приводящее к завалу пневмосети [2]. Это обстоятельство необходимо учитывать при расчете комбинированной пневмосмеси системы высева, так как падение скорости транспортирования отрицательно сказывается на распределении посевного материала в распределителе и увеличивает неравномерность распределения его по сошникам.

Результаты исследований

Исходя из массовой расходной концентрации смеси, т. е. отношение массового расхода транспортируемого материала к массовому расходу транспортирующего воздуха, определяем минимально необходимый расход транспортирующего воздуха по формуле [2]:

$$\mu = \frac{G_B}{G_M}, \quad (1)$$

где G_M – массовый расход транспортируемого материала, кг/ч;

G_B – массовый расход воздуха, кг/ч.

Исходя из того, что для сеялок централизованного высева $\mu = 2-2,5$, из выражения (1) определим минимально допустимое значение массового расхода воздуха:

$$G_B = \mu \cdot G_M.$$

Расход воздуха Q (м³/ч), исходя из значения массового расхода воздуха, определяем по формуле:

$$Q = \frac{G_B \cdot 3.6}{\rho_B},$$

где ρ_B – плотность воздуха, кг/м³.

При проектировании пневматической системы транспортирования очень важно правильно определить скорость движения воздуха, поскольку слишком большая скорость движения воздуха приводит к перерасходу энергии на транспортировку материала, увеличению вероятности повреждения материала при его перемещении, увеличению параметров элементов системы пневматического транспортирования, и как следствие ее стоимости. Недостаточная скорость движения воздуха приводит к возникновению завала и прекращению функционирования системы в целом.

Скорость движения воздуха в нагнетательных установках (w_B , м/с) применимо к комбинированной пневмомеханической системе, определяем по формуле:

$$w_B = k_\phi \cdot w_{KP},$$

где k_ϕ – коэффициент зависящий от сложности трассы, концентрации смеси и физико-механических свойств материала;

w_{KP} – критическая скорость для посевного материала, м/с.

Коэффициент k_ϕ зависящий от сложности трассы, концентрации смеси и физико-механических свойств материала примем в пределах от 1,25 до 2,5.

При этом необходимо учитывать, что для избежания забивания материалопровода транспортируемыми семенами и минеральными удобрениями, большие значения коэффициента k_ϕ принимают при большей массовой концентрации, учитываемой коэффициентом μ . Полученные в этом случае расчетные значения скорости воздуха для семян и удобрений сводим в таблицу 1.

Т а б л и ц а 1. – Скорость воздуха для семян и удобрений

Значение коэффициента k_ϕ	Скорость витания, w_{KP} , м/с					
	семена льна			минеральные удобрения		
	5,2	5,3	6,0	6,0	8,0	11,0
1,25	6,5	6,6	7,5	7,5	10,0	13,8
1,5	7,8	7,95	9,0	9,0	12,0	16,5
2,0	10,4	10,6	12,0	12,0	16,0	22,0
2,5	13,0	13,25	15,0	15,0	20,0	27,5

Диаметр трубопровода, по которому будет проходить перемещение воздушной смеси, определяем по формуле [3]:

$$d_T = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_M \cdot p_0}{\pi \cdot k_M \cdot \rho_B \cdot w_B}}, \text{ м},$$

где Q_M – производительность высевальной системы, кг/с;

k_M – коэффициент массовой концентрации;

ρ_0 и p_0 – плотность воздуха и давление на выходе из материалопровода, МПа;

p_B и w_B – давление и скорость воздуха в расчетном сечении.

Коэффициент массовой концентрации k_M , в данном случае представляет соотношение массового расхода транспортируемого материала к массовому расходу транспортирующего воздух, поэтому, в качестве коэффициента k_M принимаем значения находящиеся в пределах от 2,0 до 2,5 [2].

Скорость воздуха в расчетном сечении принимаем равной скорости частицы посевного материала на горизонтальном участке, поскольку на выходе из материалопровода посевной материал должен обладать некоторой скоростью, достаточной для избежания зависания и забивки посевным материалом. Поэтому принимаем следующие значения скорости воздуха на выходе из материалопровода: для семян льна – 5,5–12,8 при критической скорости витания семян льна 5,2–6,0 м/с и значении коэффициента k_ϕ от 1,25 до 2,5; для минеральных удобрений – 6,4–23,4 м/с при критической скорости витания 6,0–11,0 м/с, и при тех же значениях значении коэффициента k_ϕ .

Полученные расчетные значения диаметров материалопроводов сводим в табл. 2.

Т а б л и ц а 2. – Расчетные значения диаметра материалопровода

Значение k_M	Диаметр материалопровода, м									
	скорость движения семени льна, м/с					скорость движения частицы минерального удобрения, м/с				
	5,5	7,5	9,5	11,5	12,8	6,4	10,5	15,0	20,0	23,4
2,0	0,147	0,126	0,112	0,101	0,096	0,136	0,106	0,089	0,077	0,071
2,25	0,138	0,118	0,105	0,096	0,091	0,128	0,100	0,084	0,073	0,067
2,5	0,131	0,112	0,100	0,091	0,086	0,122	0,095	0,079	0,069	0,064

Заключение

Увеличение коэффициента концентрации смеси μ ведет к прямопропорциональному увеличению скорости воздуха, необходимой для перемещения семян и удобрений.

Анализ данных, полученных при определении значения диаметров материалопроводов видно, что с увеличением скорости движения воздушной смеси обратнопропорционально изменяется диаметр материалопровода.

Рациональный диаметр материалопровода для семян составляет не менее 0,2 м, при минимальной скорости семян равной 6,0 м/с, и коэффициенте концентрации смеси 2,0. Использование для семян материалопровода диаметром 0,1 м, недопустимо, из-за забивания материалопровода, независимо от скорости движения посевного материала.

Для минеральных удобрений рациональный диаметр материалопровода находится в пределах 0,1–0,2 м. При минимальном его значении скорость движения посевного материала должна составлять не менее 13,8 м/с.

Список использованных источников

1. Балацко, Л. Д. Исследование процесса транспортирования семян пневматическим способом / Л. Д. Балацко – Труды / ВИМ. – 1964. – Том 34. – С. 40–68.
2. Хрусталёв, Б. М. О весовой концентрации движущейся смеси воздуха с частицами материала / Б. М. Хрусталёв – Известия вузов, Сер. Энергетика. – 1976. – № 3. – С. 145–148.
3. Крючин, Н. П. Посевные машин. Особенности конструкций и тенденций развития : учебное пособие. – Самара : РИЦ СГСХА, 2009. – 176 с.

УДК 631 171 338 36

Поступила в редакцию 04.10.2019

Received 04.10.2019

Л. Я. Степук

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

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ХИМИЗАЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ (состояние, проблемы, пути решения)

В статье описана ситуация в сфере применения пестицидов, минеральных и органических удобрений и известковых материалов в Республике Беларусь. Показаны причины, из-за которых не полностью реализуется потенциал

названных средств химизации, и, как следствие, большой недобор сельскохозяйственной продукции и объемы непроизводительно расходуемого топлива. Среди причин главной является количественное и качественное несоответствие парка машин требуемым объемам работ по применению удобрений, известковых материалов и пестицидов. Представлены новые комплексы технических средств для более эффективного применения всех средств химизации земледелия.

Ключевые слова: комплексы машин, применение пестицидов, минеральные и органические удобрения, известковые материалы, техническое обеспечение, сельское хозяйство.

L. Y. Stepuk

*RUE “SPC NAS of Belarus on agricultural mechanization”
Minsk, Republic of Belarus*

CUISINE SUPPLY OF AREA OF APPLICATION OF MEANS OF CHEMISATION OF AGRICULTURE OF THE REPUBLIC OF BELARUS (state, problems, solutions)

The article contains brief information on the production and use of pesticides on a global scale, describes the situation in the field of application of pesticides, mineral and organic fertilizers and lime materials in the Republic of Belarus:

We have shown the reasons, because of which the potential of these chemicals is not fully realized, and as a result – a large shortage of agricultural products and volumes of unproductive fuel. Among those, the main reason is quantitative and qualitative inconsistency of the fleet of machines with the required volumes of work on the use of fertilizers, lime materials and pesticides, as well as the scarcity of storage facilities for their storage and storage of grain. New complexes of technical means for more effective application of all means of chemicalization of agriculture are presented.

Keywords: complexes of machines, application of pesticides, mineral and organic fertilizers, lime materials, technical support, agriculture.

Введение

По количеству пашни и сельхозугодий на одного человека Беларусь, входит в десятку самых обеспеченных по этому показателю государств мира. Но, если сравнить результативность отечественного сельского хозяйства и аграрно-развитых стран, то увидим, что потенциал, Богом нам данный, мы реализуем, к великому сожалению, не полностью.

Достаточно сказать, что, например, Голландия, которая не очень сильно отличается по природно-климатическим условиям, а по территории почти в 8 раз меньше Беларуси, в 2008 году экспортировала сельскохозяйственной продукции на 52 млрд долл. США, а в 2016 году продовольственный экспорт ее составил уже 85(!) млрд евро [1]. Причем из 85 млрд евро продовольственного экспорта 24 млрд приходится на реэкспорт. То есть это продукты, которые Голландия импортирует, перерабатывает, а затем реэкспортирует [1]. В мире она занимает по экспорту продовольствия второе место после США, соответственно – первое в Европе.

Эти данные нами приведены для того, чтобы понять всем нам, всему народу, что сельскохозяйственная отрасль нашей страны является стержневой, приоритетной во всем народнохозяйственном комплексе государства, а главным ресурсом сельского хозяйства, с помощью которого оно может получить действительно высокое развитие, являются выше перечисленные средства химизации.

Сохранение и приумножение плодородия почв, применение новейшей техники и технологий, обеспечивающих его постоянное воспроизводство, относятся руководством нашей страны к числу наиболее приоритетных. Однако на практике, похоже, эти задачи остаются такими лишь на бумаге. Доказательством тому являются следующие цифры: по официальным данным еще на 1 января 2009 года, в 70 районах республики наметилась тенденция повышения кислотности почв, в 69 – отмечен отрицательный баланс гумуса, в 47 – произошло снижение содержания фосфора, в 45 районах – калия [2]. К настоящему времени подкисление почв отмечается уже в 94 районах, а снижение содержания гумуса в почве – в 73 [3].

Разумеется, при таком состоянии почв рассчитывать на эффективное ведение земледелия, цель которого – получение высоких урожаев всех сельскохозяйственных культур при наименьших затратах сил и средств, не представляется возможным. А коль скоро так обстоят дела в земледелии, то и на высокие результаты в животноводстве также надеяться не приходится, поскольку 60–65 % продукции растениеводства составляют корма.

Возьмем к примеру 2015 год. Тогда необходимо было внести 52 млн тонн органических удобрений, применить 1733 тыс. тонн действующего вещества минеральных удобрений (около 4 млн т физического веса), произвести не менее 480 тыс. га сельхозугодий, для чего внести 2,3 млн тонн известковых материалов. Кроме того, для производства запланированных объемов сельскохозяйственной продукции следовало выполнить химзащитные работы не менее чем на 8500 тыс. га в расчете на один проход агрегата, применив более 14 тыс. тонн пестицидов на общую сумму порядка 200 млн долларов. В последующие годы масштабы применения перечисленных средств химизации, естественно, должны были возрастать. (Разумеется, что все эти миллионы тонн грузов ложатся на «плечи» различных машин, которые должны доставить их в поле и высокоравномерно внести в почву в оптимальные агротехнические сроки).

Однако на практике потенциальные возможности перечисленных средств химизации земледелия на протяжении многих лет реализуются не в полной мере. А для условий Беларуси эти возможности следующие. Один килограмм действующего вещества минеральных удобрений

(NPK) в условиях Республики Беларусь должен окупаться 8–10 кг зерна. Пестициды, при хозяйском их применении, должны приносить на вложенный 1 доллар не менее 10 долларов чистого дохода. Применение известковых материалов – неперенное условие повышения плодородия почв, эффективности использования минеральных и органических удобрений. Каждая тонна органики должна окупаться не менее чем 25 кг зерна, а общая прибавка должна составлять 1 млн тонн зерна.

Несложно подсчитать, что применение минеральных удобрений в объеме 1,7 млн тонн действующего вещества должно окупиться, в пересчете на зерновой эквивалент, по минимуму в объеме 13,6 млн тонн, органических удобрений в объеме 40 млн тонн должно дать 1 млн тонн зерна, наведение порядка в сфере известкования почв позволит получать ежегодно экономический эффект в 45 млн долларов [4]. А хозяйское применение химических средств защиты растений даст возможность сохранить до 30% урожая сельскохозяйственных культур.

Приведенные цифры, характеризующие потенциал ежегодно применяемых в нашей стране средств химизации, свидетельствуют о реальной возможности, не увеличивая объемов, только за счет грамотного их применения повысить результативность сельского хозяйства почти в 2 раза. А сделать это возможно только при условии полной обеспеченности каждого сельскохозяйственного предприятия соответствующими комплексами машин, приборов и оборудования. Приоритетность их использования подтверждает анализ технологий возделывания практически всех сельскохозяйственных культур: от 50 до 70% технологических процессов и операций связаны с применением вышеупомянутых ресурсов. Комплексы машин для применения средств химизации, в отличие от всех остальных, имеют максимальную годовую загрузку, так как используются с ранней весны до поздней осени. Именно эти машины являются урожайобразующими, сохраняющими урожай и обеспечивающими повышение плодородия почв. Следовательно, сельскохозяйственные предприятия должны быть обеспечены ими, в первую очередь, и под полную потребность. Но этого пока нет. Теперь поговорим, как данное обстоятельство влияет на уровень недобора урожая и потерь продукции.

Первая причина – наличие кислых почв. С 2011 года необходимо было ежегодно известковать около 470 тыс. га кислых почв, для чего требовалось использовать 2,2 млн тонн доломитовой муки. В последнее время известкуется только 50–60% кислых почв от потребности, рекомендуемой агрохимической наукой. Это объясняется количественным и качественным несоответствием парка машин для применения известковых материалов, а также недостаточным финансированием работ, дефицитом складов для хранения пылевидных химмелиорантов [5].

Техническая сторона данной проблемы нами решена – разработаны самоходная (на базе шасси МАЗ-631705) машина химизации МХС-10 и прицепная МШХ-9 (рис. 1). Они прошли все виды

КОМПЛЕКС МАШИН ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ ИЗВЕСТКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ



Рис. 1. Комплекс машин для применения известковых материалов

испытаний и рекомендованы к производству, однако на серийное производство не поставлены. ОАО «Управляющая компания холдинг «Бобруйскагромаш» изготовило по своей инициативе только 8 единиц МХС-10 и около 30 единиц МШХ-9.

Вторая причина – неравномерное внесение минеральных удобрений. Потери (недобор) урожая из-за этого с каждого гектара составляют от 2 до 4 центнеров и более. Значит, в масштабе страны ежегодно мы недополучаем 650-750 тыс. тонн зерна. И это без учета издержек от неравномерного внесения известковых материалов и органических удобрений.

Здесь следует напомнить читателю, что агрохимической наукой и передовой практикой установлено: прибавка урожая от применения удобрений находится в прямой зависимости от качества их внесения. Иными словами, повышение неравномерности (коэффициента вариации) на 1 % снижает прибавку урожая на 1%, и наоборот.

Основной парк машин для внесения удобрений – центробежные разбрасыватели, которые не обеспечивают требуемого качества их распределения. Но и ими белорусские сельхозпроизводители обеспечены не более чем на 50%.

Для справки. На 01.08.2019 г. в РБ насчитывается всего 4804 ед., из них 4310 ед. исправных машин для внесения твердых минеральных удобрений, включая навесные, прицепные. Для сравнения: на 01.01.1991 г. насчитывалось 17 500 таких машин.

К настоящему времени нами разработан комплекс отечественных машин для применения твердых и жидких минеральных удобрений рис. 2.



Рис. 2. – Комплекс машин и оборудования для применения твердых и жидких минеральных удобрений

Третья причина – несоблюдение оптимальных агротехнических сроков подкормки зерновых и зернобобовых культур азотными удобрениями. Потери (недобор) зерна, вызванные сдвигом оптимального срока только одной подкормки на 3 дня, составляют 1,5 центнера с гектара [6, с. 45], а в расчете на весь зерновой клин (2,5 млн га) – 375 тыс. тонн. Подкормку же необходимо за период вегетации проводить 2–3 раза. Поэтому возможен в 2–3 раза больший недобор урожая.

Несоблюдение оптимальных агротехнических сроков подкормки вегетирующих культур – следствие нехватки техники. Хотя машины для внесения подкормочных доз азотных удобрений нами разработаны (РШУ-18, МШВУ-18 см. рис. 2), однако производство их не освоено. Из-за отсутствия этих машин на полях мы недобираем ежегодно более 500 тыс. тонн зерна. А навесные центробежные разбрасыватели, если подходить строго, использовать на выполнении данной

операции нельзя, так как они не обеспечивают требуемого качества распределения азотных удобрений (не более 10 %).

Только из-за вызванного нехваткой и нередко плохим техническим состоянием парка машин растягивание сроков уборки на 50% площадей, в целом по стране ежегодно недобирается до 1 млн тонн зерна, около 0,5 млн тонн кукурузного силоса и не менее 100 тыс. тонн картофеля (Данные РУП «Институт земледелия НАН Беларуси»).

Четвертая причина – потери минеральных удобрений на пути от завода до поля. В результате масштабного эксперимента было установлено, что они составляли в среднем по стране около 10 %, в том числе на прирельсовых базах разгрузки и приема удобрений – более 0,5% [7, с. 14–19]. В расчете на научно обоснованные потребные объемы применения минеральных удобрений в Республике Беларусь (1,9 млн тонн действующего вещества, или около 4 млн тонн в физическом весе) потери в действующем веществе могут составлять, если не принимать соответствующих мер, 190 тыс. тонн. При окупаемости 1 кг NPK 8 кг зерна фактический недобор его по этой причине может превысить 1,5 млн тонн.

Только в процессе разгрузки вагонов, а их задействуется в течение года около 50 тыс., потери минеральных удобрений выливаются в 9,5 тыс. тонн, а недобор зерна при той же окупаемости удобрений составит 76 тыс. тонн.

Основная причина такого положения – аварийное состояние и необходимость капитального ремонта подавляющей части складских помещений системы РО «Белагросервис», притом что потребность в складах для минеральных удобрений изначально была удовлетворена только на 39 %, для доломитовой муки – всего лишь на 30 %. Что касается сохранности минеральных удобрений в сельскохозяйственных предприятиях, то там ситуация еще более критическая. Об этом свидетельствуют результаты проверок Комитетом государственного контроля Республики Беларусь состояния складских помещений системы РО «Белагросервис» и сельскохозяйственных предприятий [8, 9]. Такая ситуация сложилась во всех регионах страны.

По существу, данная проблема носит хронический характер, она никогда в Беларуси не была решена полностью, а с учетом износа строительной части и внутрискладского оборудования в последние годы еще более усугубилась.

Совершенно очевидно, что нам не под силу в настоящее время строить заново железобетонные склады. Но еще в 1984 году по нашему заданию были разработаны типовые проекты раздвижных складов для хранения минеральных удобрений на 1000 и 1500 тонн (ТП-705-1-178.85). Строительная часть этих сооружений выполнена в основном из относительно дешевых деревянных конструкций, что позволяет возводить их хозяйственным способом и использовать погрузо-разгрузочную технику общего назначения в качестве внутрискладской механизации.

Строительство этих складов могло бы решить проблему хранения удобрений не только в сельскохозяйственных предприятиях, но и на районных базах «Белагросервиса», где бы использовался каждый склад для одного-двух видов туков. Возведение складов, что важно, не требует устройства заглубленных фундаментов. Но в случае их строительства узким местом останется разгрузка удобрений из вагонов-хопперов. Для этого необходимо разработать передвижной универсальный разгрузчик минеральных удобрений, доломитовой муки и других сыпучих грузов, который бы принимал и подавал удобрения из вагонов-хопперов различных модификаций в любое транспортное средство. Конструктивно-технологическая схема такого разгрузчика нами уже обоснована [10].

Пятая причина – проблемы в сфере защиты растений. Рост урожайности сельскохозяйственных культур у ведущих мировых агропроизводителей прямо пропорционален объемам применяемых химических средств защиты растений. Достоверен этот факт и для нашей страны. Согласно данным РУП «Институт защиты растений» НАН Беларуси, из-за существующих недостатков в сфере применения химических средств защиты растений мы недополучаем 20% зерна, 30% картофеля, 5–7% сахарной свеклы.

Ориентируясь на результаты производства сельскохозяйственной продукции в наиболее типичном 2013 году, когда было получено 7,6 млн тонн зерна, около 900 тыс. тонн картофеля, 4,3 млн тонн сахарной свеклы, можно подсчитать, что недополученный урожай составил: зерна – 1,5 млн тонн, картофеля 270 тыс. тонн, сахарной свеклы – 215 тыс. тонн.

На сегодняшний день обеспеченность опрыскивателями сельского хозяйства страны менее 50% от потребности (на 01.08.2019 г. имеется 3334 единицы при потребности 8560 ед.) И это не учитывая их технического состояния. А что это значит? А то, что нагрузка на один исправный опрыскиватель у нас составляет более 1300 га пашни.

Для справки: в Германии в 2010 г. на 12 млн га пашни насчитывалось 30 тыс опрыскивателей, т.е. 400 га на один опрыскиватель. Поэтому говорить о качестве химзащитных работ, соблюдении оптимальных агросроков не приходится.

Что касается приборного обеспечения химзащитных работ, которое нами разработано стенд СИ-10, прибор ДНО-1 рис. 3, но оно практически отсутствует. А это значит, что выполнить качественную регулировку, настройку, протестировать все узлы опрыскивателей не представляется возможным. Эти работы выполняются «на глаз».

КОМПЛЕКС НОВЫХ МАШИН, ПРИБОРОВ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ ХСЗР

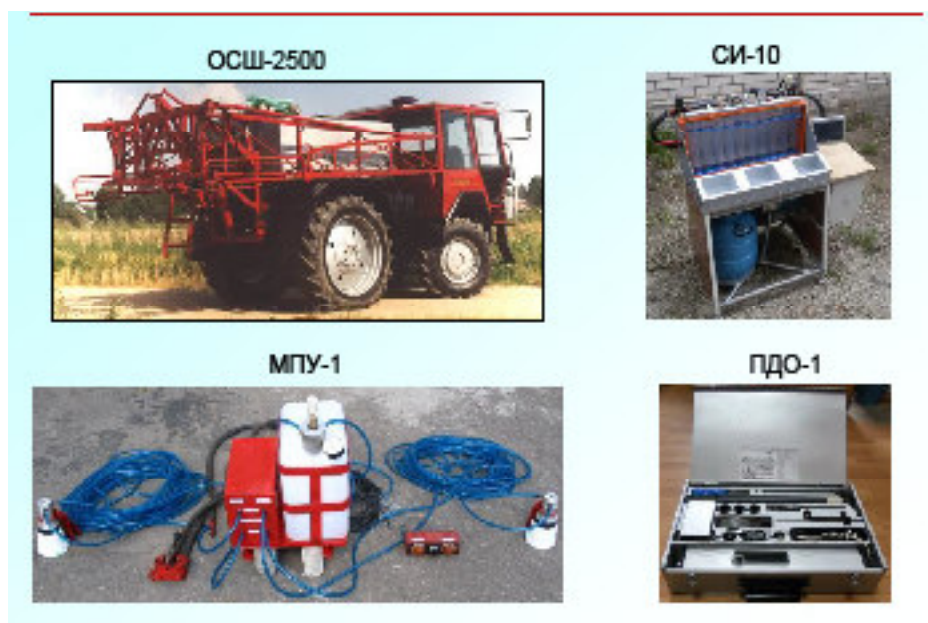


Рис. 3. – Комплекс новых машин, Приборов и оборудования для применения ХСЗР

Не представляется возможным и контролирующим структурам выполнять свои контрольные функции и реализовывать требования к хранению, применению и транспортировке пестицидов и агрохимикатов, предписываемые Законом Республики Беларусь о защите растений от 25 декабря 2005 г. № 77–3 и Постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 10.12.2003 № 155 «Об утверждении Санитарных правил и норм 2.2.3.12–17–2003 «Гигиенические требования к хранению, применению и транспортировке пестицидов и агрохимикатов».

Шестая причина – проблемы в сфере применения органических удобрений. О них красноречиво свидетельствует устойчивая тенденция снижения содержания гумуса в почве в 73 районах [2]. А дело в том, что в сельхозпредприятиях количество машин и агрегатов для внесения минеральных и органических удобрений, опрыскивателей за последние 10 лет уменьшилось в 3–5 раз по сравнению с 1991 годом, когда избытка техники в те годы также не было (табл. 1).

К настоящему времени нами также разработан комплекс новых экологически состоятельных машин для применения жидких (МПВУ-16 Ш, МПВУ-16 В) и полужидких органических удобрений, агрегат для приготовления торфо-соломенно-навозных компостов рис. 4.

Некоторые могут объяснять снижение количества техники тем, что в последние годы появились большегрузные машины для внесения минеральных и органических удобрений. Да, это так, но они составляют всего 6–9% парка и потому «погоды» не делают.

Т а б л и ц а 1. Поступление и выбытие техники для внесения удобрений и пестицидов в 2006-2015 годах

Машины	На 01.01. 1991 г.	На 01.10.2016 г. всего/исправных	В 2006-2015 г.г.		В 2015 г. по сравнению с 2006 г.	Потребность
			поступило	выбыло		
Для внесения твердых минеральных удобрений	17 500	5703/4988	1034	1688	–654	10 000
Для внесения твердых органических удобрений	22 600	5499/4822	702	1545	–843	12 000
Для внесения жидких органических удобрений	9500	3203/2542	Нет данных	Нет данных	Нет данных	10 000
Опрыскиватели тракторные	8000	4019/3461	1266	1416	–150	8500

КОМПЛЕКС НОВЫХ МАШИН ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ ТВЕРДЫХ И ЖИДКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ



Рис. 4. – Комплекс новых машин для применения твердых и жидких органических удобрений

Что касается полужидкого навоза, которого накапливается в течение года примерно 10 млн тонн [2], то его отвозят от ферм, но в почву не вносят из-за отсутствия специальных машин, которые нами разработаны (МПН-16), но выпуск их пока не налажен (рис. 2).

Непросто обстоят дела и по остальным позициям. А это означает, что внесение органических удобрений не всегда осуществляется в оптимальные агротехнические сроки из-за дефицита соответствующей техники, в результате чего они несвоевременно заделываются в почву, что приводит к их высыханию и потере удобрительного и, разумеется, экономического эффекта.

Таким образом, небрежное хранение и применение таких средств химизации, как пестициды, минеральные и органические удобрения, известковые материалы, в условиях дефицита техники становятся одной из главных причин недобора около 4 млн тонн зерна, большого количества сахарной свеклы, картофеля и другой сельскохозяйственной продукции.

Безусловно, механизация – решающий фактор успешного развития современного сельскохозяйственного производства. И тот факт, что по ряду позиций выбытие техники уже многие годы превышает поступление ее в хозяйства, говорит о необходимости поиска новых подходов, разработки новых концепций, принятия новых законов о техническом обеспечении сельского хозяйства, об инженерной службе в АПК.

К сожалению, как бы мы не хотели, мы не в состоянии в короткое время восполнить потери и обеспечить все сельское хозяйство техникой под полную потребность. Поэтому нужно разработать и реализовать программу приоритетного машиностроения, суть которой излагалась во многих публикациях [11; 12; 13].

Следует подчеркнуть, что нами показаны не все, а только основные нерешенные проблемы, главным образом технического плана, имеющие место в земледелии нашей страны. При этом не ставилась задача абсолютно точно рассчитать все недоборы и потери сельскохозяйственной продукции, оценить рациональность использования энергетических и иных ресурсов. Наша цель – обратить внимание руководителей АПК высокого уровня на достаточно сложные, ставшие уже хроническими проблемы в сельхозпроизводстве. При этом особую тревогу вызывает ухудшающаяся ситуация с техническим обеспечением отрасли. А без решения данной проблемы, кроме всего прочего, не могут быть реализованы в полной мере никакие достижения аграрных и иных наук, работающих на сельское хозяйство.

Технические предпосылки для этого созданы. РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» совместно с промышленными предприятиями разработаны отечественные комплексы машин (рисунки 1, 2, 3, 4) для эффективного применения минеральных и органических удобрений, известковых материалов и пестицидов [14].

Наша страна располагает мощными промышленными предприятиями, которые способны выпускать эти комплексы в объемах, требуемых не только для внутреннего рынка, но и на экспорт.

Учитывая приоритетность, значимость, многогранность, масштабность и запущенность рассмотренных проблем, считаем, что для их решения необходима соответствующая государственная научно-техническая программа.

Выводы

Доказано, что важнейшими ресурсами нашего сельского хозяйства являются средства химизации земледелия, включающие минеральные и органические удобрения, известковые материалы и пестициды, уровень применения которых определяет результативность всего земледелия, а значит и животноводства страны. Показаны причины, из-за которых не полностью реализуется потенциал названных средств химизации, главной из которых, в условиях нашего социума, является количественное и качественное несоответствие парка машин требуемым объемам работ по их хозяйскому применению. Сообщается, что в Беларуси созданы отечественные высокоэффективные комплексы таких машин, ранее не выпускавшихся в стране, без которых не могут быть материализованы в полной мере никакие, самые выдающиеся достижения аграрных и иных наук, работающих на сельское хозяйство.

Список использованных источников

1. Худяков, Н. Комментарий. Голландия – второй в мире экспортер продовольствия / Н. Худяков // Крестьянские ведомости [Электронный ресурс]. – 2017. – 13 февраля. – Режим доступа: <http://kvedomosti.ru/news/kommentarij-gollandiya-vtoroj-v-mire-eksporter-prodovolstviya.html>. – Дата доступа: 01.12.2017.
2. Гусаков, В. Г. Ресурс земли / В. Г. Гусаков, В.К. Павловский // Белорусская Нива. – 2010. – № 114.
3. Мониторинг земель // РУП «БелНИЦ «Экология» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ecoinfo.by/uploads/archive/Book_2015/1-soil-25-11.pdf. – Дата доступа: 28.03.2017.
4. Степук, Л. Я. О проблемах механизации применения известковых материалов и эффективности машины химизации МХС-10 / Л. Я. Степук, Г. М. Сафрановская, В. В. Барабанов // Аграрная экономика. – 2012. – № 4.
5. Не кисло только за счет бюджета // Сельская газета. – 2016. – № 152.
6. Шпаар Д. Возделывание зерновых / Д. Шпаар, А. Посников, Г. Крапцш. – М.: Аграрная наука, 1998. – 334 с.
7. Степук, Л. Я. Механизация процессов химизации и экология / Л. Я. Степук, И.С. Нагорский, В.П. Дмитрачков. – Минск: Ураджай, 1993. – С. 14–19.
8. Коллегия Комитета госконтроля рассмотрела результаты проверки сохранности минеральных удобрений // Комитет государственного контроля Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: <http://www.kgk.gov.by/ru/kommentarii-ru/view/Kollegija-Komiteta-goskontrolja-rassmotrela-rezultaty-proverki-soxrannosti-mineralnyx-udobrenij-7552/>. – Дата доступа: 20.12.2017.
9. КГК Гомельской области выявил факты бесхозяйственности при хранении удобрений // БелТА. Новости Беларуси [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: <http://www.belta.by/regions/view/kgk-gomelskoj-oblasti-vyjavil-fakty-beshozjajstvennosti-pri-hranchenii-udobrenij-178675-2016/>. – Дата доступа: 20.12.2017.
10. Степук, Л. Я. Потери минеральных удобрений на пути от завода к полю и вариант решения проблемы / Л. Я. Степук, С. А. Красновский // Белорусское сельское хозяйство. – № 1, 2018.
11. Степук, Л. Я. Экологические, экономические, технические и организационные аспекты применения пестицидов в условиях Республики Беларусь / Л. Я. Степук, В. Г. Самосюк // Белорусское сельское хозяйство. – 2011. – № 1. – С. 34–39.

12. Степук, Л. Я. Разработка и реализация Программы приоритетного сельхозмашиностроения – непременное условие устойчивого развития сельского хозяйства в современных условиях / Л. Я. Степук // Известия ААН Республики Беларусь. – 2000. – № 1. – С. 81–85.

13. Степук, Л. Я. Механизация – приоритет № 1 в развитии сельского хозяйства нашей страны на нынешнем этапе / Л. Я. Степук, В. Г. Самосюк, В. В. Азаренко // Весці НАН Беларусі. – 2012. – № 4. – С. 89–99.

14. Система технологических комплексов, машин и оборудования для применения средств химизации земледелия // Механизация сельского хозяйства. – 2016. – № 1.

УДК 631.171:631.153

Поступила в редакцию 25.08.2019
Received 25.09.2019

Р. И. Байметов¹, Х. Г. Абдулхаев¹, А. В. Ленский², А. А. Жешко²

*¹Научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства
Республики Узбекистан, п.г.т. Гульбахор,
Республика Узбекистан
e-mail: ax_stajvor@mail.ru*

*²РУП НПЦ Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: alex_lensky@mail.ru*

АНАЛИЗ ПРИРОДНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ, ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР И САДОВ В РЕСПУБЛИКЕ УЗБЕКИСТАН

В статье выполнен анализ природно-производственных условий Республики Узбекистан и произведено зонирование районов земледелия по климатическим условиям, типу и механическому составу почв, каждый из которых требует применения различной агротехники, технологии и комплексов машин. Рассмотрены технологические особенности возделывания картофеля, овощных культур и садов с позиций выполняемых полевых работ и применяемых технических средств. Подготовлены базовые технологические карты возделывания картофеля, лука, моркови, слаборослых плодовых деревьев.

Ключевые слова: природно-производственные условия, технологии возделывания, комплексы машин.

R. I. Baymetov¹, H. G. Abdulhaev¹, A. V. Lenski², A. A. Zheshko²

*¹Научно-исследовательский институт механизации
сельского хозяйства Республики Узбекистан, п.г.т. Гульбахор, Республика Узбекистан
e-mail: ax_stajvor@mail.ru*

*²RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»
Minsk, Republic of Belarus
e-mail: alex_lensky@mail.ru*

ANALYSIS OF NATURAL CONDITIONS AND TECHNOLOGICAL FEATURES OF POTATOES, VEGETABLE AND GARDENS CULTIVATION IN THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN

In this article analyze the natural conditions and agricultural zones of the Republic of Uzbekistan according to climatic conditions, type and mechanical composition of soils, each of which requires the use of various agricultural technologies, technologies and machine complexes. The technological features of potatoes, vegetable and gardens cultivation are considered. Basic technological maps for the cultivation of potatoes, onions, carrots, fruit trees have been prepared.

Keywords: natural conditions, technologies cultivation, machine complexes.

Характеристика почвенно-климатических условий

Важнейшим этапом обоснования применения средств механизации и формирования рациональных комплексов машин является оценка природно-производственных условий региона их эксплуатации. Комплексный анализ технологических особенностей возделывания культур, обу-

словленный климатическими факторами, позволит объективно подойти к созданию научно-обоснованной базы для формирования программы механизации, определению и планированию потребности в машинах и оборудовании, выполнению сравнительных экономических оценок технических средств.

Природно-климатические условия Республики Узбекистан характеризуются резкими перепадами сезонных температур, малым количеством осадков и низкой влажностью, т. е. климат страны относится к резко континентальному типу. В этой связи погодные факторы зачастую отрицательно влияют на получение стабильных урожаев сельскохозяйственных культур, качество продукции и обуславливают значительные дополнительные затраты труда и средств при возделывании и уборке урожая, в основном, связанные с необходимостью интенсивного орошения.

В климате Узбекистана различают холодное (с декабря до марта) и теплое (с марта до ноября) полугодия. Относительная вариация длительности периодов наблюдается в разрезе равнинных и предгорных зон республики, а также южных и северных регионов, однако она не превышает 15–30 дней. Неустойчивость погоды в зимний сезон и сравнительно теплые зимы в Узбекистане позволяют, если почва не переувлажнена и не промерзла, проводить полевые работы – вспашку, планировку полей, запасные поливы, очистку оросительной и дренажной сети. В сухие морозные зимы также практикуется обработка почвы после вспашки.

Начало теплого полугодия характеризуется быстрым увеличением продолжительности светового дня, повышением температуры воздуха свыше 5°C, созданием условий, способствующих энергичной и активной вегетации растительности. Однако полному использованию благоприятных весенних условий в сельском хозяйстве зачастую мешают заморозки, поскольку весенняя погода, как и зимняя, является достаточно неустойчивой. Кроме того, резкие перепады температур усугубляются обильными и интенсивными осадками, особенно в равнинных и предгорных районах. Такие условия могут приводить к увеличению агротехнических сроков предпосевной подготовки почвы, проведению посевных работ, а возможно и необходимости повторной основной обработки почвы.

В период апрель-май (в зависимости от региона) осадки практически прекращаются, и наступает сухой и жаркий летний сезон, который продолжается до октября включительно. Продолжительность этого периода в Узбекистане оказывает решающее влияние на урожайность сельскохозяйственных культур. Чем дольше сохраняется сухая и теплая погода, особенно осенью, тем полнее созревают плоды сельскохозяйственных культур и тем выше урожай.

Разнообразие рельефа и климата Республики Узбекистан предопределяет неоднородность почвенных условий региона.

В сельскохозяйственном производстве выделяются орошаемые, богарные и пустынно-пастбищные зоны, почвенный покров каждой из которых отличается большим разнообразием, что значительно усложняет технологию обработки почвы, регулирование водного режима и питания растений [1].

Почвы орошаемой зоны характеризуются содержанием гумуса до 1%, недостаточным количеством питательных элементов (в частности, подвижного азота и фосфора), склонностью к засолению. Важными элементами сохранения и повышения их плодородия являются:

- своевременное внесение научно обоснованных норм органических и минеральных удобрений;
- соблюдение правил и требований полива для предотвращения выноса из почвы питательных элементов;

- проведение мелиоративных работ в целях предотвращения засоления;
- ежегодная промывка почв на фоне дренажа.

Такыры и такырные почвы относятся к почвам перспективного освоения, поскольку обладают гораздо меньшим потенциалом и плодородием. Почвы имеют тяжелый механический состав, что способствует образованию прочной корки после полива и выпадения осадков. Таким образом, эффективное использование почв богарной зоны во многом зависит от текущих климатических условий и от уровня культуры земледелия.

Почвы пустынной зоны также имеют недостаточный уровень плодородия, требуют значительных затрат труда и средств, точного соблюдения всех агротехнических приемов для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур.

В настоящее время в земледелии Узбекистана используется преимущественно почвы орошаемой зоны, в перспективе главным резервом являются такыры и почвы пустынной зоны.

По климатическим условиям, типу и механическому составу почвы районы земледелия могут быть условно разделены на три зоны, каждая из которых требует различной агротехники, технологии и комплексов машин [2].

Первая зона охватывает предгорья с выраженным уклоном местности, относительно большим количеством атмосферных осадков, обеспечивающих получение всходов культур по естественной влаге.

Вторая зона включает территории с менее выраженным рельефом, недостаточным количеством атмосферных осадков, которое не обеспечивает получение нормальных всходов по естественной влаге без проведения запасных или предпосевных поливов.

Третья зона включает площади со слабо выраженным уклоном местности и различной степенью засоления. Для получения нормальных всходов требуется проведение промывных мероприятий.

Необходимо особо отметить, что на территории одного района или даже крупного фермерского хозяйства могут быть земли, относящиеся к различным зонам земледелия.

Технологические особенности возделывания картофеля, овощных культур и садов

Почвенно-климатические условия Узбекистана весьма благоприятны для возделывания картофеля и овощных культур. Возможно использование одних и тех же площадей для получения двух и трех урожаев в год, а соответственно резкое увеличение производства овощей и картофеля без значительного расширения площади орошаемых земель.

Ассортимент овощных культур, возделываемых в Узбекистане, очень широк и превышает 40 наименований, причем наибольшее распространение получили морковь, репчатый лук, столовая свекла и др. (порядка 40% посевных площадей под овощные культуры) [3].

В соответствии с Постановлением Президента Республики Узбекистан «О мерах по рациональному размещению сельскохозяйственных культур и прогнозных объемах производства продукции» посевные площади под картофель и базовые овощные культуры в республике составляют свыше 84 тыс. га, в том числе картофель – 34039 га, морковь – 19326 га, лук – 23 962 га, столовая свекла – 7673га [4].

Картофелеводство

В Республике Узбекистан возделывается ранний картофель (срок посадки – весна), который предназначен для летнего потребления и поздний картофель (срок посадки – лето), который оставляют на зимнее хранение и семенные цели [5].

Весенняя посадка раннего картофеля проходит в условиях прохладной погоды, поэтому растения практически не требуют орошения в начале вегетации. Однако период клубнеобразования и созревания клубней совпадает с периодом высоких летних температур, при которых необходимы частые поливы. Период уборки раннего картофеля усложняется вследствие низкой влажности почвы, что ухудшает степень ее сепарации на элеваторе картофелеуборочной техники.

При летних сроках посадки первый период вегетации растений проходит в условиях высоких температур и полного отсутствия осадков. В этой связи для позднего картофеля обязателен предпосадочный или после посадочный полив, который проводят в сжатые сроки непосредственно после посадки.

Уборка позднего картофеля проводится в межсезонный период, как правило, при оптимальных условиях, когда понижается температура воздуха и повышается влажность.

Продолжительное лето и искусственное орошение в Узбекистане делают возможным возделывание картофеля повторно после уборки ранних зерновых культур, овощей, кукурузы на силос и зеленый корм.

В Республике Узбекистан картофель возделывается, главным образом, в личных подсобных и мелких фермерских (до 3 га) хозяйствах с минимальным уровнем механизации основных работ.

Типовая технология возделывания картофеля приведена в табл. 1 [3].

Т а б л и ц а 1. – Типовая технология возделывания картофеля

№	Наименование технологической операции	Типовой состав агрегата
<i>Основная обработка почвы</i>		
1.	Текущее выравнивание полей	ТТЗ-80.10(МТЗ-82.1) + ПЛ-3 МХМ-140 (ARION 630С) + П-2,8А
2.	Внесение органических удобрений	ТТЗ-80.10 (МТЗ-82.1) + РОУ-5
3.	Внесение минеральных удобрений(900 кг/га)	ТТЗ-80.10 (МТЗ-82.1) + РМУ-0,5
4.	Вспашка поля (глубина 27–30 см)	Т-4А-01 (ВТ-150) + ПЛН-4-35 ТТЗ-80.10 (МТЗ-82.1) + ПН-4-30
5.	Выравнивание гребней и борозд	ТТЗ-80.10 (МТЗ-82.1) + ГН-2,8А
6.	Отбор и очистка картофеля (3,5 т/га)	СКК-3
7.	Чизелевание почвы (глубина 14–16 см, 2 раза)	Т-4А-01 (ВТ-150) + ЧКУ-4А
8.	Малавание почвы (предпосевные уплотнения)	Т-4А-01 (ВТ-150) + МВ-6А
<i>Посадка картофеля</i>		
9.	Нарезка гребней	ТТЗ-80.10 (МТЗ-82.1) + КХО-3,6
10.	Перевозка проросших клубней к месту посадки	ТТЗ-80.10 (МТЗ-82.1) + 2ПТС-4-793А
11.	Посадка семенного картофеля (3,5 т/га, 70×30, глубина 7–12 см)	ТТЗ-80.10 (МТЗ-82.1) + КС-4 (СН-4Б)
<i>Уход за посадками</i>		
12.	Первая культивация	ТТЗ-80.10 (МТЗ-82.1) + КРО-4
13.	Рыхление вокруг растений картофеля	Вручную
14.	Внесение минеральных удобрений (850 кг/га) и нарезка поливной борозды	ТТЗ-80.10 (МТЗ-82.1) + КРО-4
15.	Выравнивание временных оросительных сетей (100 п.м./га)	ТТЗ-80.10 (МТЗ-82.1) + КБН-0,35
16.	Полив (650–700 м³/га)	Вручную
17.	Вторая культивация (глубина 14–16 см)	ТТЗ-80.10 (МТЗ-82.1) + КРО-4
18.	Нарезка поливных борозд	ТТЗ-80.10 (МТЗ-82.1) + КРО-4
19.	Третья культивация	ТТЗ-80.10 (МТЗ-82.1) + КРО-4
20.	Полив (650–700 м³/га, 4 раза)	Вручную
<i>Уборка картофеля</i>		
21.	Измельчение ботвы картофеля	ТТЗ-80.10 (МТЗ-82.1) + РМ-1,4
22.	Выкопка картофеля (20 т/га)	ТТЗ-80.10 (МТЗ-82.1) + КН-2
23.	Сбор картофеля и укладка в мешки	Вручную
24.	Погрузка картофеля на транспортные средства	Вручную
25.	Переборка картофеля и сортировка на фракции	СКК-3

Можно отметить, что практически все агротехнические операции выполняются машинами хлопководческого комплекса, поскольку хозяйства еще недостаточно оснащены специальными техническими средствами для возделывания картофеля. Также ряд технологических операций, особенно таких трудоемких как рыхление и полив, выполняются вручную. Уровень механизации производственных процессов по возделыванию и уборке картофеля в значительной степени отстает от уровня механизации хлопководства и составляет 35-40%.

В настоящее время основными энергетическими средствами для выполнения технологических процессов по возделыванию картофеля являются тракторы хлопководческого комплекса класса тяги 1,4–2,0. В небольших фермерских и дехканских хозяйствах применяются тракторы класса тяги 0,4–0,6 [6].

Основная обработка почвы заключается в выполнении классической отвальной вспашки и предпосевной подготовки почвообрабатывающими агрегатами хлопководческого комплекса. Для основной обработки практически не используются плуги для гладкой вспашки, несмотря на то, что их применение значительно сокращает затраты на планировку полей, а также позволяет оптимизировать выполнения работ, что особенно важно в условиях орошаемого картофелеводства [7].

Посадка семенных клубней проводится импортными картофелесажалками КС-4 и КС-2, которые приспособлены для междурядий 70 и 90 см. Картофелесажалки импортируются из-за ру-

бежа. Для обработки междурядий применяют, в основном, импортные культиваторы-растение-питатели КРН-2,8 и КОН-2,8А, а также хлопко-овощной культиватор КХО-4 отечественного производства.

Уборка урожая проводится картофелекопателями, что предполагает предварительное измельчение ботвы картофеля измельчителем СИ-3,6 отечественного производства. При уборке картофеля, в основном, применяют импортные картофелекопатели КТН-2Б, КСТ-1,4, агрегируемые с пропашными тракторами хлопкового комплекса. Опыт их применения показал низкую эффективность отделения клубней от почвенных комков, высокую энергоемкость и низкую производительность.

Овощеводство

В последние годы в Узбекистане значительно расширились посевные площади, и возросло производства овощей. При эффективном использовании природных условий Узбекистан в состоянии не только обеспечить овощами свое население и стать базой снабжения ранними овощами населения ряда зарубежных стран.

В Узбекистане лук высевают в три основных периода: летом в августе, осенью в ноябре перед наступлением заморозков, и ранней весной в феврале-марте. Для посева применяются овощные сеялки СОН-2,8, СКОН-4,2. Необходимо отметить, что уровень механизации овощеводства остается на крайне низком уровне, особенно в части обеспеченности специализированной техникой. Базовые технологические операции выполняются, в основном, машинами хлопководческого комплекса [8].

Типовая технология выращивания лука приведена в табл. 2 [3].

Т а б л и ц а 2. – Типовая технология возделывания лука

№	Наименование технологической операции	Типовой состав агрегата
<i>Основная обработка почвы</i>		
1.	Влагозарядный полив	Вручную
2.	Текущее выравнивание полей	ТТЗ-80.10(МТЗ-82.1) + ПЛ-3 МХМ-140 (ARION 630С) + П-2,8А
3.	Внесение минеральных удобрений на поле	ТТЗ-80.10(МТЗ-82.1) + РМУ-0,75
4.	Вспашка поля (глубина 25–30 см)	Т-4А-01 (ВТ-150) + ПЛН-4-35 ТТЗ-80.10 (МТЗ-82.1) + ПН-4-30
5.	Выравнивание гребней и борозд	ТТЗ-80.10(МТЗ-82.1) + ГН-2,8А
6.	Обработка против многолетних сорняков	Вручную
7.	Чизелевание почвы	Т-4А-01 (ВТ-150) + ЧКУ-4А
<i>Посев лука</i>		
8.	Посев лука.	ТТЗ-80.10 (МТЗ-82.1) + СММ-4
<i>Уход за посевами</i>		
9.	Выравнивание временных оросительных сетей	ТТЗ-80.10 (МТЗ-82.1) + КБН-0,35
10.	Полив (1200–1300 м³/га).	Вручную
11.	Первая культивация.	ТТЗ-80.10 (МТЗ-82.1) + КХО-3,6
12.	Уничтожение сорняков и прореживание растений	Вручную
13.	Полив (600–700 м³/га)	Вручную
14.	Вторая культивация	ТТЗ-80.10 (МТЗ-82.1) + КХО-3,6
15.	Уничтожение сорняков и прореживание растений	Вручную
16.	Защита растений лука от вредителей и болезней (2 раза)	ТТЗ-80.10 (МТЗ-82.1) + ОШБ-7
17.	Внесение минеральных удобрений и нарезка поливных борозд	ТТЗ-80.10 (МТЗ-82.1) + КХО-3,6
18.	Полив	Вручную
19.	Третья культивация	ТТЗ-80.10 (МТЗ-82.1) + КХО-3,6
20.	Уничтожение сорняков	Вручную
21.	Внесение минеральных удобрений в междурядья и выравнивание временных оросительных борозд	ТТЗ-80.10 (МТЗ-82.1) + КХО-3,6
22.	Полив (600–700 м³/га)	Вручную
<i>Уборка лука</i>		
23.	Сбор урожая лука и обрезка листьев	ТТЗ-80.10 (МТЗ-82.1) + КН-2 Вручную
24.	Перевозка урожая лука	ТТЗ-80.10 (МТЗ-82.1) + 2ПТС-4-793А
25.	Сортировка урожая лука на фракции и погрузка в контейнеры или укладка в мешки	СКК-3

Необходимо отметить, что для решения проблем механизации и повышения технологичности возделывания лука необходимо применение комбинированных посевных агрегатов, выполняющих одновременную укладку, заделку и перфорирование полиэтиленовой пленки, гнездовой высева семян и нарезку поливных борозд [9].

Для повышения качества междурядной обработки почвы наряду с культиваторами-растениепитателями КХО-3,6, КОН-2,8А, необходимо применение культиваторов фрезерного типа КФО-2,8 (после проведения соответствующих адаптационных испытаний в условиях Узбекистана).

Поскольку овощные культуры, в частности лук, отзывчивы на органо-минеральные удобрения, имеется необходимость применения оборудования для внесения удобрений в междурядья с заделкой в почву и нарезкой борозд, а также для мульчирования гряд.

Морковь высевают в два основных периода: ранневесенний – конец февраля – начало марта и летний – конец июня – начало июля. Для посева используются овощные сеялки СОН-2,8. Значимым и важным приемом в агротехнике моркови является прореживание всходов, которое выполняется в два приема вручную.

Уборка урожая производится картофелекопателями или плугами со снятыми отвалами с применением ручного труда из-за отсутствия в республике специализированных уборочных машин.

Типовая технология возделывания моркови практически идентична технологии выращивания лука за исключением отдельных операций и, соответственно, специализированных машин.

Садоводство

Благоприятные почвенно-климатические условия, уникальный по качеству ассортимент плодов различных сроков созревания, высокой сахаристости, транспортабельности, навыки и традиции народа – все это способствует созданию в Узбекистане крупного товарного садового хозяйства.

Культура садоводства развита во всех районах Узбекистана, в том числе на почвах, подверженных засолению, при условии их орошения и проведения мелиоративных мероприятий. Урожайность фруктов и, соответственно, показатели экономической эффективности садоводства

Т а б л и ц а 3. – Типовая технология, применяемая в садах слаборослых плодовых деревьев на орошаемых землях

№	Наименование технологической операции	Типовой состав агрегата
1.	Очистка оросительных сетей 80%	ЭО-2621
2.	Перевозка и внесение органики	ТТЗ-80.10(МТЗ-82.1)+ ПТУ-4
3.	Ручное рыхление вокруг деревьев	Вручную
4.	Вспашка междурядий	ВТ-100 + ПН-3/4-35
5.	Нарезка поливных борозд	ВТ-100 + КСЛ-5А-1
6.	Выравнивание оросительных сетей	ВТ-100 + КЗУ-0,3Д
7.	Зимний полив	Вручную
8.	Выравнивание оросительных сетей	ВТ-100 + КЗУ-0,3Д
9.	Зимнее опрыскивание деревьев ядохимикатами	ТТЗ-80.11 + ОВП-1200
10.	Отбеливание стволов деревьев	ТТЗ-80.11 + ОВП-1200
11.	Подрезка сучьев деревьев и формовка	Вручную
12.	Сбор обрезанных сучьев и перевозка с междурядий	Вручную
13.	Дискование междурядий	ВТ-100 + БДТ-2,5
14.	Перевозка и внесение органики	ТТЗ-80.10(МТЗ-82.1)+ 2ПТС-4-793А
15.	Внесение минеральных удобрений и нарезка гребней	ВТ-100 + КСЛ-5А-1
16.	Полив (4 раза)	Вручную
17.	Опрыскивание сада (4 раза)	ТТЗ-80.11 + ОВП-1200
18.	Культивация междурядий	ВТ-100 + КСЛ-5А-1
19.	Сбор опавших плодов, 20%	Вручную
20.	Сбор урожая	Вручную
21.	Погрузка, перевозка и разгрузка плодов	ТТЗ-80.10(МТЗ-82.1)+ 2ПТС-4-793А

в Узбекистане значительно ниже реальных возможностей. Это обусловлено главным образом организационными причинами, основными из которых являются отсутствие, в большинстве хозяйств, своевременного и качественного ухода за насаждениями и недостаточный уровень механизации рабочих процессов в садах.

Комплекс мероприятий по уходу за садовыми насаждениями с учетом почвенно-климатических условий складывается из следующих элементов: подготовка почвы, закладка насаждений, уход за плодовыми деревьями, уход за почвой в междурядьях сада, система удобрений и система орошения, защита садов от вредителей и болезней. Типовая технология, применяемая в садах слабосростых плодовых деревьев на орошаемых землях, приведена в табл. 3 [3].

Можно отметить, что сложившаяся система машин далека от совершенства и во многом не отвечает современным требованиям, особенно для условий орошаемого земледелия. Ряд технологических операций выполняется вручную из-за отсутствия специальных машин или их недостаточной приспособленности к природно-производственным условиям.

Дальнейшее развитие механизации работ в садах имеет два актуальных направления:

- 1) модернизация машин и оборудования, выпускаемых промышленными предприятиями Республики Узбекистан;
- 2) механизация ручных работ путем разработки собственного или адаптации импортного оборудования с проработкой вопросов дальнейшей локализации производства [10].

Заключение

Краткий анализ технологических особенностей возделывания картофеля, овощей и садов и применяемого базового комплекса машин позволяет сделать вывод, что развитие механизации сельского хозяйства Республики Узбекистан является актуальной и своевременной проблемой. Учитывая, что в настоящее время производство базируется на широком использовании ручного труда, применении малоэффективных машин и оборудования, сильной зависимости от импорта продукции сельскохозяйственного машиностроения, низком уровне планирования технологических процессов и т. п.

Список использованных источников

1. Кондратюк В. П. Обработка почвы под посев хлопчатника – Ташкент, Фан, 1972.
2. Рудаков Г. М. (отв. ред.). Типовые технологические карты по производству хлопка-сырца для Узбекской ССР на 1986–1990 гг. – Ташкент, Госагропром УзССР., 1987 г.
3. Типовые технологические карты по возделыванию сельскохозяйственных культур и производству продукции на 2016–2020 гг. Часть 2. Ташкент, МСХ Республики Узбекистан, 2016.
4. Постановление Президента Республики Узбекистан № 259 от 29 марта 2019 г. «О мерах по рациональному размещению сельскохозяйственных культур и прогнозных объемах производства сельскохозяйственной продукции под урожай 2019 года (<http://lex.uz/docs/4274616>).
5. Байметов Р. И., Ганиев Ф. К. Перспектива развития и совершенствования комплекса машин для возделывания и уборки картофеля. / Сборник докладов международной научно-практической конференции. – Ташкент, 2013.
6. Байметов Р. И., Ганиев Ф. К., Осипов О. С. Овощеводческий трактор для фермерских хозяйств. // Сборник научных работ УзМЭИ, Гульбахор, УзМЭИ, 2009
7. Байметов Р. И., Байилов М. Т., Ганиев Ф. К. Результаты исследований по обоснованию энергосберегающих технологий и комбинированных агрегатов для механизации совмещенных процессов при возделывании овощных культур и картофеля. / Сборник научных трудов УзМЭИ, Гульбахор: УзМЭИ, 2009.
8. Останакулов Т. Э. Биология и технология возделывания овощных культур. – Самарканд, 2008 г.
9. Ибрагимов А., Абдурахманов А. Состояние и проблемы сева семян лука в Узбекистане // Агроилм – Ташкент, 2019. – № 2 (58).
10. Байметов Р. И., Мусурмонов А. Т., Ибрагимов Д. А. Перспективы развития технических средств садоводства и виноградарства // Сборник статей Республиканской научно-практической конференции. – Гульбахор, 2014.

В. В. Гуськов, А. С. Поварехо, П. В. Лысанович

*Белорусский национальный технический университет
г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: povarekho@bntu.by*

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ДАВЛЕНИЯ В ШИНАХ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ НА ТЯГОВО-СЦЕПНЫЕ СВОЙСТВА И ЭКОНОМИЧНОСТЬ

Исследован процесс взаимодействия колесного движителя с грунтовой поверхностью при изменении давления воздуха в шине. Установлено влияние давления воздуха на тягово-сцепные свойства колесных машин. Предложена система автоматического регулирования давления воздуха в шинах мобильных машин в зависимости от дорожных условий.

Ключевые слова: автоматическое регулирование, шина давление воздуха, параметры шины, физико-механические свойства грунтовой поверхности, тягово-сцепные свойства.

V. V. Guskov, A. S. Pavarekha, P. V. Lysanovich

*Belarusian national technical University
Minsk, Republic of Belarus
e-mail: povarekho@bntu.by*

ON THE ISSUE OF CREATING A SYSTEM OF AUTOMATIC PRESSURE CONTROL IN TIRES OF MOBILE MACHINES

Studies of the process of interaction of the wheel drive with the ground surface when the air pressure in the tire. As a result of researches it is established that the size of air pressure in tires renders essential influence on traction properties of wheel cars. As a result, the design of the system of automatic control of air pressure in the tires of mobile machines, depending on the road conditions.

Keywords: automatic control, a tire air pressure, the tire parameters, physico-mechanical properties of the ground traction.

Введение

Известен ряд способов повышения тягово-сцепных свойств колесных тракторов, основными из которых являются: использование полного привода, сдвигание или страивание шин, использование балласта, применение догрузителей сцепного веса, блокировка межосевых и межколесных дифференциалов.

В последнее время развивается один из способов повышения тягово-сцепных свойств и проходимости машин по грунтам со слабой несущей способностью – регулирование давления воздуха в шинах ведущих колес трактора.

Обычно последствия использования неправильно подобранного давления в шинах недооценивают. А ведь вследствие этого машина не может полностью реализовать свой потенциал. Растет коэффициент буксования и снижается тяговая мощность трактора. Чтобы снизить буксование и улучшить передачу тяговой мощности, начинают навешивать дополнительный балласт. Результаты проведенных исследований показали [4, 5, 6], что это не самый эффективный инструмент для уменьшения буксования. Увеличивая общую массу трактора, мы увеличиваем нагрузку на почву, повреждая ее, да и экономический результат вызывает сомнения.

При небольших рабочих скоростях (9...12 км/ч), например, при выполнении основной обработки почвы, тяговую мощность ограничивает пятно контакта шины с почвой.

Сама по себе почва не может «воспринять» большое окружное усилие на колесе. Вращающиеся колеса не передают полностью ту мощность, которую они через трансмиссию получили от двигателя. Основной задачей становится снижение коэффициента буксования за счет улучшения сцепления шин и почвы.

Со снижением давления в шине увеличивается пятно контакта с почвой, а значит, нагрузка распределяется по большей площади. Вследствие меньшего давления, шины в меньшей степени заглубляются в почву. Таким образом, снижается сопротивление качению и меньше мощности растрчивается на уплотнение почвы. К тому же за счет увеличения опорной поверхности улучшаются сцепные свойства шины с почвой, а значит, на нее можно передать большую мощность.

Тяговая мощность и буксование связаны воедино и без первого не будет второго. Уровень буксования, превышающий 15%, приводит к повреждению почвы. Что же касается сопротивления качению, то при движении по шоссе оно тем меньше, чем больше давление в шинах. В поле ситуация диаметрально противоположна: чем меньше давление, тем меньше глубина захода колеса в почву и, соответственно, меньше сопротивление качению.

В 2017 г. на международной выставке сельскохозяйственных тракторов и машин фирма Fendt (ФРГ) представила сельскохозяйственный колесный трактор тягового класса 5,0 с двигателем мощностью 360 л. с., с системой регулирования воздуха в шинах (рис. 1).



Рис. 1. – Трактор фирмы Fendt на полевых испытаниях по регулированию давления воздуха в шинах

Фирма провела исследование влияния давления воздуха в шинах этого трактора на его тягово-сцепные свойства при работе на суглинке нормальной влажности ($w = 14...16\%$) при различных сельскохозяйственных работах. В результате исследований было выявлено существенное повышение мощности на крюке при регулировании давления (рис. 2).

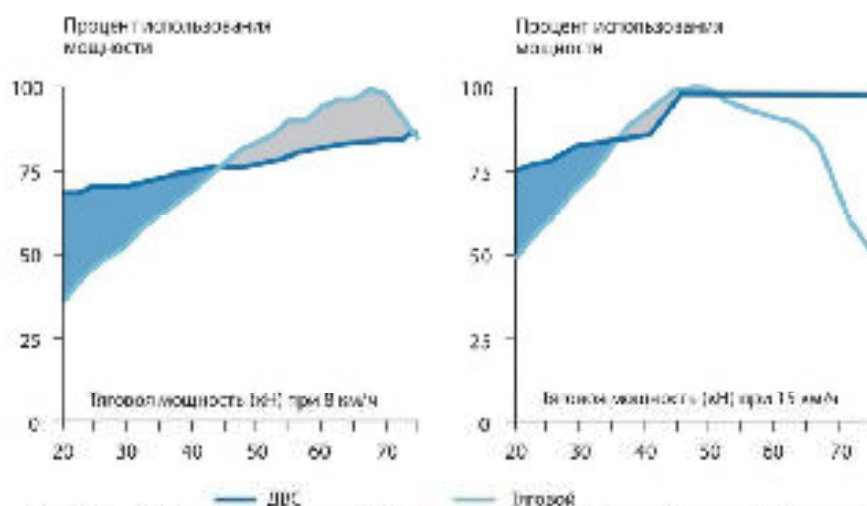


Рис. 2. – Взаимозависимость относительных показателей тяговой мощности и мощности ДВС

Также существенно понижается и расход топлива при различного вида работах. Давление в шинах регулировалось согласно таблице.

Подбор давления

Фронтальный балласт	Давление в шинах			
	Транспортные работы		Полевые работы	
	Передняя ось	Задняя ось	Передняя ось	Задняя ось
Отсутствует	0,8 бар	1,6 бар	0,6 бар	0,6 бар
1250 кг	1,4 бар	1,6 бар	1,2 бар	0,6 бар
2500 кг	2,4 бар	1,6 бар	1,6 бар	0,6 бар

При этом нужно отметить, что давление регулировалось водителем при остановке трактора в зависимости от сезона, категории грунтовой поверхности и вида работ, что, по нашему мнению, снижает эффективность рассматриваемого метода.

Объекты и методы исследования

Объектом исследований является система регулирования давления воздуха в шинах ведущих колес трактора (многоосевых колесных машин) и ее влияние на тягово-сцепные свойства и проходимость.

Методом исследований является теоретическое обоснование процесса взаимодействия ведущего колеса с грунтовой поверхностью, влияние давления воздуха в шинах на его тягово-сцепные свойства и проходимость.

Результаты исследований

Результаты теоретических исследований процесса взаимодействия ведущего колеса с грунтовой поверхностью показали возможность улучшения тягово-сцепных свойств колесных тракторов и их экономичности за счет автоматического регулирования давления воздуха в шинах.

Основная часть

1. Теоретическое обоснование процесса взаимодействия ведущего колеса колесных машин с грунтовой поверхностью

1.1. Физико-механические свойства грунтовой поверхности

При воздействии ходовых органов машины на грунт, в последнем, возникают деформации, значение и характер которых обусловлены действием внешних и внутренних сил, вызывающих смещение частиц друг относительно друга, а также изменение среднего расстояния между частицами. Если после устранения внешнего воздействия частицы грунта вернуться в первоначальное положение, то деформация считается упругой, если положение частиц после снятия нагрузки отличается от первоначального, то наблюдается остаточная деформация. Если остаточная деформация равна общей деформации, то речь идет о пластической деформации.

Реальные грунты не являются чисто упругими и пластическими. Один и тот же грунт при различных условиях деформации проявляет свойства и упругости, и пластичности. При малых нагрузках деформация прямо пропорциональна им, т. е. грунт проявляет себя как упругое тело (участок I, рис. 3). При дальнейшем увеличении нагрузки относительный прирост деформации

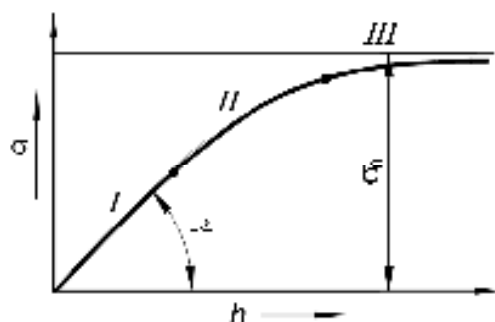


Рис. 3. — Зависимость нормальных напряжений σ от глубины погружения h штампа

возрастает (участок II, рис. 3), в этом состоянии грунт близок к упруго-пластичным средам. При какой-то предельной нагрузке происходит увеличение деформации без ощутимого возрастания напряжения (участок III, рис. 3).

Деформации грунтов, находящихся в естественном состоянии, представляют собой особый вид деформаций, свойственный только полидисперсным системам при условии, что силы отталкивания приближаются к значениям сил сцепления. Поэтому даже при линейной зависимости между напряжением и деформацией (малые нагрузки) после снятия нагрузки наблюдаются большие остаточные деформации.

При взаимодействии движителей мобильных машин с грунтом, последний подвергается смятию, сдвигу в разных направлениях, в результате чего в нем возникают поля нормальных и касательных напряжений, распространяющихся в глубину и в разные стороны от места приложения нагрузки. От способности грунта выдерживать указанные напряжения зависят глубина колеи, образуемой движителями машины, сила сопротивления движению за счет смятия грунта опорной частью колеса и образования колеи, а также сила сцепления. Поэтому сопротивление грунтов сжатию и сдвигу является основным показателем, влияющим на тягово-сцепные качества машин.

Известно, что тягово-сцепные и скоростные свойства мобильной машины проявляются при взаимодействии ее ходового аппарата с поверхностью движения. Поверхность движения может быть искусственной (асфальт, бетон, булыжник и др.) и естественной (целина, залежь, пахота и др.). В свою очередь, естественная поверхность может быть минерального (глина, песок и пр.) и торфяно-болотного происхождения (торфяники с остатками разного рода растительности).

Тягово-сцепные свойства многоцелевых колесных машин (МКМ) зависят, с одной стороны, от параметров машины (ее движителя), с другой – от физико-механических свойств грунтовой поверхности.

Грунтовая поверхность характеризуется составом грунта (минеральные грунты, торфяники), сопротивлением ее смятию и сдвигу, влажностью, плотностью, пористостью и др.

Одним из основных свойств является сопротивление грунтов сжатию и сдвигу под действием динамической нагрузки. В механике грунтов в основном рассматриваются зависимости сжатия и сдвига от статической нагрузки. Процесс взаимодействия движителя мобильной машины характеризуется переменным неустановившимся режимом перехода относительного покоя к относительному движению.

Одними из зависимостей сопротивления сжатию и сдвигу, которые адекватно отражают динамический процесс взаимодействия ведущего и ведомого колес движителя машины с грунтовой поверхностью являются зависимости, предложенные профессором В. В. Кацыгиным [6]. На рис. 3 показана зависимость нормальных напряжений σ от глубины погружения h , а на рис. 4 – напряжений сдвига τ от деформации Δ .

Нормальное напряжение определяется по формуле:

$$\sigma = \sigma_0 \cdot \operatorname{th} \left(\frac{k}{\sigma_0} \cdot h \right), \quad (11)$$

где σ_0 – несущая способность грунта, Н/м²;

k – коэффициент объемного смятия грунта, Н/м³;

h – глубина погружения штампа, м.

Напряжения сдвига, возникающие при деформации грунта:

$$\tau = f_{\text{ск}} \cdot q_x \cdot \left(1 + \frac{f_{\text{п}}}{ch \frac{\Delta}{k_{\tau}}} \right) \cdot \operatorname{th} \frac{\Delta}{k_{\tau}}, \quad (2)$$

где q_x – давление колеса на грунт, Н/м²;

$f_{\text{ск}}$ – коэффициент трения скольжения;

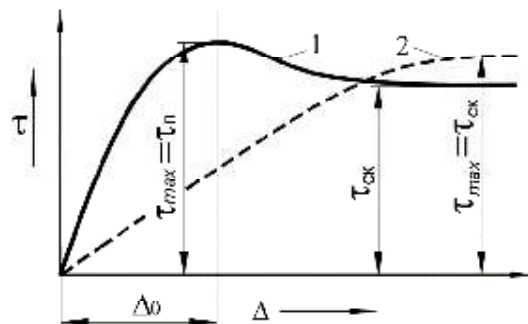
$f_{\text{п}}$ – коэффициент трения покоя;

k_{τ} – коэффициент деформации грунта, м;

Δ – деформация сдвига, м.

Особенностью этих зависимостей является то, что они имеют реальное происхождение, а коэффициент k_{τ} пропорционален предельной деформации сдвига Δ_0 , т. е.

$$k_{\tau} = f(\Delta_0).$$



1 – плотные грунты; 2 – пластичные грунты

Рис. 4. – Зависимость напряжений сдвига τ от деформаций Δ

1.2. Тягово-сцепные свойства колес МКМ

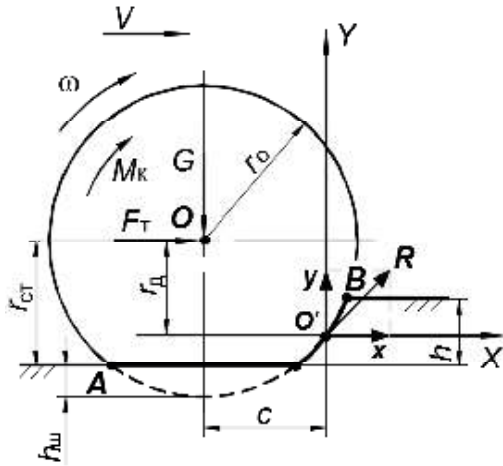


Рис. 5. – Схема сил и моментов, приложенных к ведущему колесу, движущемуся по горизонтальной грунтовой поверхности в установившемся режиме

Применение вышеприведенных зависимостей к процессу взаимодействия колесного движителя с грунтовой поверхностью дало возможность с большой достоверностью определить тягово-сцепные качества машины при движении по указанной поверхности [1, 4, 7].

Сила $F_{\text{спр}}$ сопротивления движению за счет смятия грунта опорной поверхностью колеса и глубина колеи определяются на основе расчетной схемы (рис. 5) с помощью уравнений (3) и (4).

На рис. 5 приняты следующие обозначения: r_0 , $r_{\text{ст}}$, $r_{\text{д}}$ – номинальный, статический и динамический радиусы колеса; c – горизонтальная координата приложения реакции грунтовой поверхности; F_T , M_K – толкающая сила и крутящий момент, действующие на колесо; h , $h_{\text{ш}}$ – глубина колеи и деформация шины под действием нагрузки G

$$G = \int_0^{h_0} \frac{b \cdot \sigma_0 \cdot (r_{\text{пр}} - h)}{\sqrt{2 \cdot r_{\text{пр}} \cdot h - h^2}} \cdot th \left[\frac{k \cdot r_{\text{пр}}}{\sigma_0} \cdot \frac{\ln(r_{\text{пр}} - h)}{r_{\text{пр}} - h_0} \right] dh, \quad (4)$$

где b – ширина колеса, м;

$r_{\text{пр}}$ – приведенный радиус колеса, м.

При этом были приняты следующие допущения:

ведущее колесо движется по горизонтальной грунтовой поверхности в установившемся режиме;

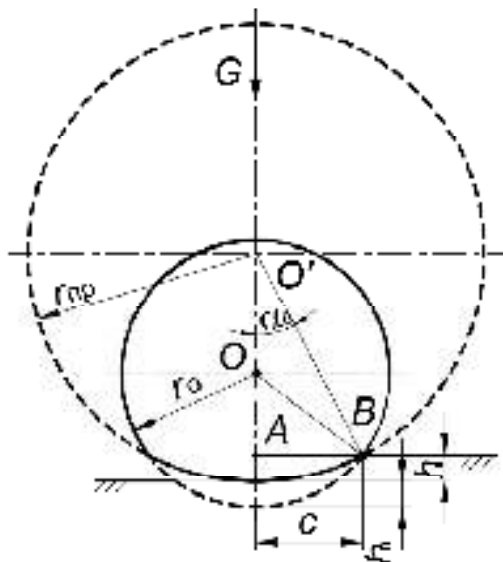


Рис. 6. – Замена эластичного колеса радиусом r_0 жестким колесом радиусом $r_{\text{пр}}$

реальное ведущее колесо радиусом r_0 заменено жестким колесом большего радиуса $r_{\text{пр}}$ согласно [2, 3, 5]; реакции грунтовой поверхности направлены нормально к опорной поверхности.

Замена номинального радиуса r_0 приведенным радиусом $r_{\text{пр}}$ жесткого колеса проводится по формуле (рис. 6):

Касательная сила тяги (движущая сила) определяется на основании рис. 7, согласно выражению (5):

$$F_k = \int_0^{L_{\text{пр}}} b \cdot f_{\text{ск}} \cdot q_x \cdot \left(1 + \frac{f_{\text{п}}}{ch \frac{\delta_x \cdot x}{k_{\tau}}} \right) \cdot th \frac{\delta_x \cdot x}{k_{\tau}} dx, \quad (5)$$

где $L_{\text{пр}}$ – приведенная длина опорной части колеса (AB, рисунок 6), м;

q_x – давление движителя на грунт, Н/м².

δ – буксование колеса ($0 \leq \delta \leq 1$).

1.3. Буксование ведущих колес колесных машин

Рассмотрим процесс возникновения буксования колеса, используя расчетную схему, представленную на рис. 7 [2, 3].

Как уже указывалось выше, тягово-сцепные свойства мобильных машин, в частности колесных тракторов, зависят от буксования колес машины, которое определяется силами трения и сдвигом грунта почвозацепами в сторону, обратную направлению движения последней.

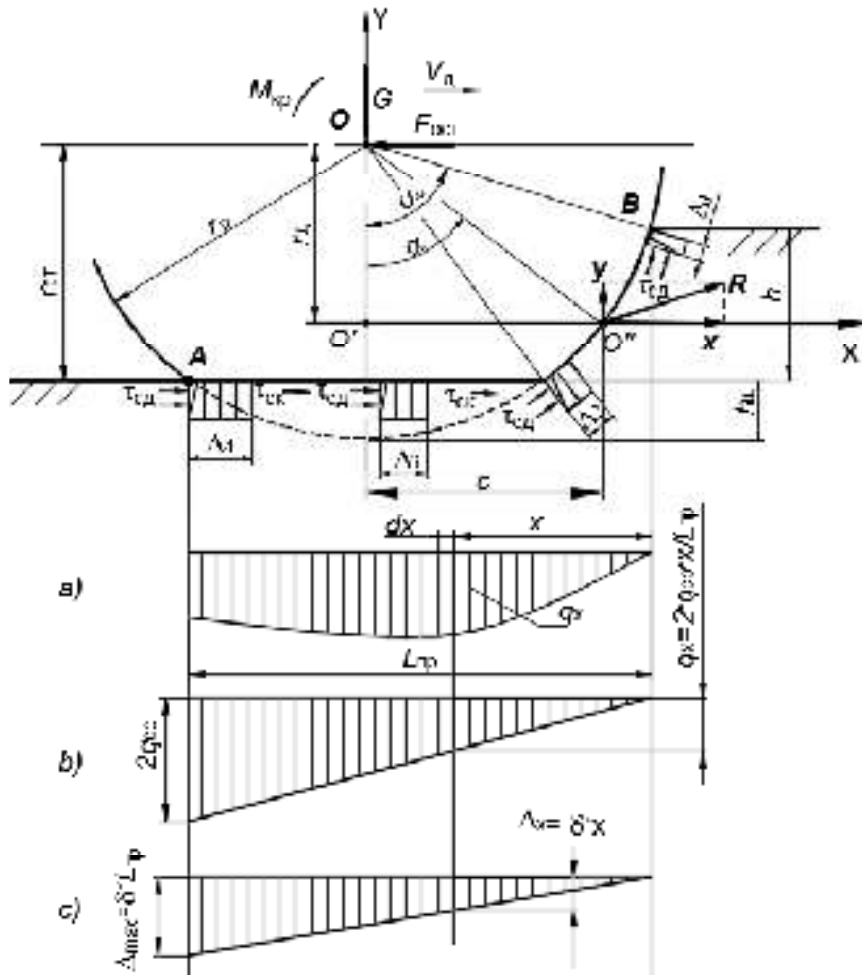


Рис. 7. – Схема взаимодействия ведущего колеса с грунтовой поверхностью

Теоретически передача ведущего момента обязательно должна сопровождаться буксованием, в результате чего, ось колеса перемещается как бы на соответствующее расстояние назад. В этом, главным образом, заключается физическая сущность буксования ведущих колёс на деформируемой поверхности и причина снижения их поступательной скорости. Дополнительное незначительное снижение поступательной скорости ведущих колёс обуславливается тангенциальными деформациями шин. Благодаря эластичности шин в окружном направлении, участки её, приближающиеся при качении колеса к площадке контакта шины с грунтом, под действием ведущего момента – сжимаются, вследствие чего путь, проходимый колесом за один оборот, уменьшается. Из сказанного выше, следует, что сцепление опорной поверхности колеса с грунтом происходит за счёт сил трения, возникающих между шиной и грунтом, и силы сдвига, а также среза грунтовых кирпичей, зажатых между грунтозацепами. При движении колеса ($v = \text{const}$), сдвиг и срез грунтовых кирпичей происходит в основном в период выхода последнего грунтозацепа опорной поверхности колеса из грунта (рис. 7). В этот момент, нагрузка, от вышедшего из зацепления грунтозацепа, перераспределяется на остальные, находящиеся в зацеплении. Все

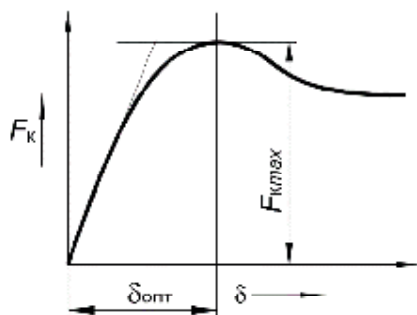


Рис. 8. – Зависимость движущей силы от буксования при работе колесной машины на стерне суглинка нормальной влажности

грунтозацепы сдвигают и срезают грунт на одинаковую величину, причём первый сдвигается на величину Δ_1 , второй на величину $\Delta_1 + \Delta_1 = 2 \cdot \Delta_1$, третий на $\Delta_1 + \Delta_1 + \Delta_1 = 3 \cdot \Delta_1$ и т. д. Поскольку первый грунтозацеп пройдёт все стадии зацепления от входа в грунт до выхода из него, наибольший сдвиг и срез грунта при выходе его из зацепления равен $\Delta_{\max} = n \cdot \Delta_1$ (здесь n – число грунтозацепов в зацеплении опорной поверхности колеса с грунтом).

С другой стороны, наибольший сдвиг и срез грунта можно представить как произведение коэффициента буксования δ на длину опорной поверхности колеса $L_{\text{пр}}$, т. е. $\Delta_{\max} = \delta \cdot L_{\text{пр}}$.

При движении по грунтовой поверхности движущая сила растёт в зависимости от буксования δ до определенного предела $\delta_{\text{опт}}$, а затем начинает снижаться (рис. 8).

Это объясняется тем, что при взаимодействии шины, имеющей грунтозацепы, с грунтовой поверхностью последние сдвигают грунт в направлении, обратном движению машины и на участке от 0 до $\delta_{\text{опт}}$ движущая сила пропорциональна усилиям сдвига $T_{\text{сд}}$.

При достижении буксования $\delta_{\text{опт}}$ грунтозацепы срезают грунтовые «кирпичи» и образуется «земляное» колесо, т. е. трение сдвига $T_{\text{сд}}$ заменяется трением скольжения $T_{\text{ск}}$. Известно, что $T_{\text{сд}} \geq T_{\text{ск}}$.

Таким образом, при буксовании колеса имеется два режима буксования (рис. 8):

сила тяги растёт с увеличением буксования;

сила тяги падает и стремится к постоянной величине, обусловленной силами трения «земляного» колеса с грунтовой поверхностью.

2. Влияние давления воздуха в шинах ведущих колес на тягово-сцепные качества машины

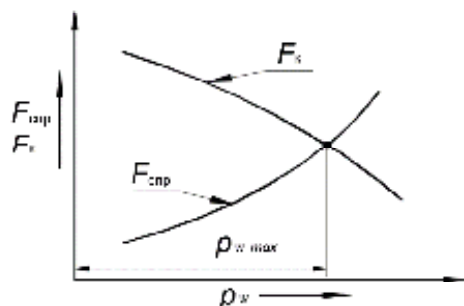


Рис. 9. – Зависимость тягово-сцепных свойств колесного трактора от давления воздуха в шине при работе на стерне суглинка нормальной влажности

Результаты исследований процесса взаимодействия колесного движителя с грунтовой поверхностью, проведенные сотрудниками кафедры «Тракторы» БНТУ [1, 2, 3] показали, что при снижении давления p_w воздуха в шинах ведущих колес трактора увеличивается сила тяги F_k и уменьшается сила сопротивления движению за счет образования колеи $F_{\text{спр}}$ и наоборот (рис. 9).

При увеличении давления воздуха в шине до $p_{w \max}$ наступает потеря тягово-сцепных свойств машины. Особенно это явление заметно при движении трактора по грунтам со слабой несущей способностью типа торфяников или на минеральных грунтах при большой влажности.

3. Автоматическое регулирование давления воздуха в шинах мобильных машин

В настоящее время регулирование давления воздуха осуществляется ручным способом при остановке машины. Такое регулирование не всегда успешно. Например, если машина при движении попадает на участок грунта слабой несущей способности, то при ручном регулировании она теряет проходимость или ухудшаются ее тягово-сцепные свойства за счет увеличения буксования.

Нами предлагается создать систему автоматического регулирования давления, функционирующую в соответствии с дорожными условиями. Она основывается на том, что при достижении касательной силы тяги максимального значения и дальнейшем увеличении буксования (рис. 8)

начинает работать электронное устройство, позволяющее снизить давление воздуха в шинах машины.

В результате исследований предложено два направления оценки необходимости регулирования давления воздуха в шине.

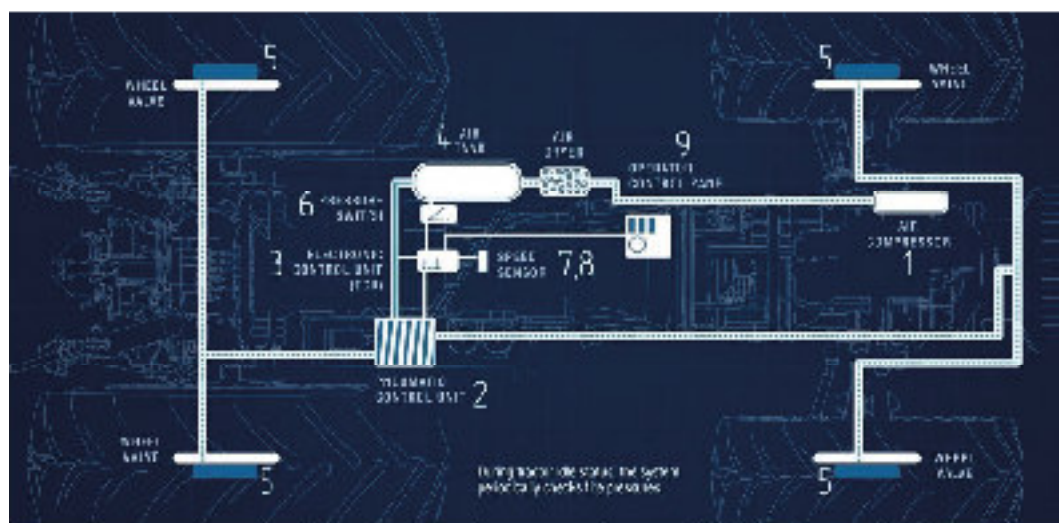
Первый путь требует установки датчиков, определяющих максимальную F_k силу, и электронного устройства, реализующего зависимость $F_k = f(\delta)$. При этом реализуется уравнение вида:

$$\partial F_k / \partial \delta \rightarrow 0.$$

Второй путь требует установки датчиков теоретической $V_T = \omega \cdot r_k$ и действительной $V_n = V_T \cdot (1 - \delta)$ скорости движения трактора (рис. 8). При этом реализуется уравнение вида:

$$\partial \delta / \partial F_k \rightarrow \infty.$$

На рис. 10 показан один из вариантов предлагаемой системы автоматического регулирования давления воздуха в шинах мобильных машин.



1 – компрессор; 2 – регулятор давления; 3 – тройной защитный клапан; 4 – ресивер; 5 – шинный клапан; 6 – датчик давления; 7 – датчик реальной скорости; 8 – датчик теоретической скорости; 9 – электронный блок

Рис. 10. – Принципиальная схема системы автоматического регулирования давления воздуха в шинах

Воздух от компрессора 1 подается в ресивер 4, из которого при помощи шинного клапана 5, управляемого электронным блоком 9, непосредственно в шину. Управление давлением воздуха в шинах осуществляется электронным блоком по сигналам от датчика реальной скорости 7, датчика теоретической скорости 8 и датчиков крутящего момента 6 путем управления шинными клапанами.

Заключение

1. Установлено, что регулирование давления воздуха в шинах мобильных машин влияет на их тягово-сцепные свойства.

2. Ручное регулирование обладает рядом недостатков при движении машины на различных грунтовых поверхностях, когда требуется быстрое изменение давления.

3. Возможно создать систему регулирования давления, которая обеспечивает автоматическое регулирование давления в шинах в зависимости от дорожных условий.

Список использованной литературы

1. Агейкин Я. С. Проходимость автомобилей. – М.: Машиностроение, 1981 – 232 с.
2. Бабков В. Ф. Проходимость колесных машин по грунту / В. Ф. Бабков, А. К. Бируля, В. М. Сиденко. – М.: Автотрансиздат, 1959. – 189 с.

3. Беккер М. Г. Введение в теорию систем местность-машина. Ч. I. Местность. Ч. II. Машина. Пер. с англ. Гуськова В. В. М.: Машиностроение. 1973. – 520 с.
4. Гуськов В. В. Оптимальные параметры сельскохозяйственных тракторов / В. В. Гуськов. – М.: Машиностроение, 1966. – 196 с.
5. Гуськов В. В. Тракторы: Теория / В. В. Гуськов, Н. Н. Велев, Ю. Е. Атаманов и др.; Под общ. ред. В. В. Гуськова. – М.: Машиностроение, 1988. – 376 с.
6. Кацыгин В. В. Некоторые вопросы деформации почв. «Вопросы сельскохозяйственной механики», Т. XIII. – Минск: Сельхозгиз, 1964. – С. 117–185.
7. Колобов Г. Г., Парфенов А. П. Тяговые характеристики тракторов. М.: «Машиностроение», 1972. – 157 с.

УДК 658.7

Поступила в редакцию 03.09.2016
Received 03.09.2016

Е. И. Михайловский

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

ПРОЦЕСС СНАБЖЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ КАК ФАКТОР ВЛИЯНИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ЗАТРАТАМИ ОРГАНИЗАЦИИ

В статье приводятся результаты выполненных исследований процесса снабжения материальными ресурсами как фактора влияния на эффективность управления производственными затратами организации.

Ключевые слова: производственные затраты, процесс снабжения, материальные ресурсы, материальные потоки, цены, транспортные расходы, тарифы.

E. I. Mikhailovsky

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

MATERIAL RESOURCES PROCESS AS A FACTOR OF EFFECT ON THE EFFICIENCY OF MANAGING THE PRODUCTION COSTS OF THE ORGANIZATION

The article presents the results of the research carried out on the process of supplying material resources as a factor influencing the efficiency of managing production costs of an organization.

Keywords: production costs, supply process, material resources, material flows, prices, transportation costs, tariffs.

Введение

Для эффективного управления производственными затратами необходимо совершенствовать процесс снабжения организации материальными ресурсами. Уровень производственных затрат зависит от стоимости материальных ресурсов, используемых в организации всего процесса производства продукции, а также от величины расходов, связанных с доставкой и хранением сырья и материалов.

Результаты исследований

В зависимости от вида экономической деятельности и размера добавленной стоимости, создаваемой конкретным производителем, материальные затраты в общем объеме производственных затрат могут составлять 45% и более.

При осуществлении материально-технического снабжения процесса производства возникают материальные, финансовые и информационные потоки между организацией, формирующей производственные запасы, и поставщиками материальных ресурсов.

Материальные потоки образуются в результате поступления в организацию материальных ресурсов от поставщиков. Финансовые потоки, имеющие обратное направление, формируются в результате осуществления расчетных операций организацией с поставщиками материальных ресурсов. Процесс снабжения организации материальными ресурсами осуществляется в постоянно меняющейся информационной среде. Наличие разнонаправленных информационных потоков позволяет субъектам данного процесса проводить его анализ и разрабатывать рациональные управленческие решения.

Анализируя предложения на материальные ресурсы, данные о ценах, транспортных расходах, тарифах на погрузочно-разгрузочные работы, страхование груза в пути и др., организация имеет возможность совершенствовать процесс снабжения материальными ресурсами. Эффективное управление производственными затратами организации заключается в сокращении затрат на его снабжение материальными ресурсами:

$$C_{об} \rightarrow \min,$$

где $C_{об}$ – величина производственных затрат организации на её снабжение материальными ресурсами

В данной статье мы рассматриваем такие факторы, влияющие на производственные затраты, связанные со снабжением материальных ресурсов, как размер партии их поставки и объем производственных запасов в организации.

При управлении производственными затратами, связанными со снабжением материальными ресурсами, организация, заказывая большие партии сырья и материалов, получает скидку с цены. Связанные с поставками постоянные затраты, такие, как расходы на погрузочно-разгрузочные работы, транспортные расходы, расходы по страхованию груза в пути и др., снижаются как на единицу материальных ресурсов при увеличении размера партии их поставки, так и на весь годовой объем закупок в связи с сокращением количества поставок материальных ресурсов.

Соотношение, описывающее изменение величины производственных затрат ($C_{об}$), связанных со снабжением организации материальными ресурсами, от размера партии их поставки, можно записать в следующем виде:

$$C_{об} = (P_n - k \cdot n) \cdot \frac{N}{n} = \frac{P_n \cdot N}{n} - k \cdot N, \quad (1)$$

где P_n – величина постоянных затрат, связанных с получением одной партии материальных ресурсов;

k – параметр линейной функции, количественно определяющий соотношение между величиной производственных затрат, связанных с получением одной партии материальных ресурсов, от размера партии их поставки;

n – размер партии поставки материальных ресурсов;

N – потребность организации в материальных ресурсах за рассматриваемый период.

Приведенное аналитическое соотношение (1) описывает гиперболическую зависимость между производственными затратами, связанными со снабжением организации материальными ресурсами, и размером партии их поставки, а также учитывает разделение этих затрат на переменную и постоянную составляющие. Организация должна стремиться к увеличению размера партии поставки сырья и материалов с целью сокращения производственных затрат, связанных с её снабжением материальными ресурсами.

Однако увеличение размера партии поставки материальных ресурсов не может быть бесконечным, так как размер партии поставки материальных ресурсов организации ограничен их потребностью, которая за рассматриваемый период рассчитывается исходя из планируемого объема производства продукции и имеющихся остатков производственных запасов, находящихся на складах и в пути; авансируя денежные средства в больший объем производственных запасов,

организация на определенный период времени снижает ликвидность своих активов, сокращает объем финансовых средств, которые могли быть использованы по другому назначению, а, следовательно, у организации возникают альтернативные издержки.

Поэтому, при установлении размера партии поставки материальных ресурсов, необходимо учитывать объем финансовых средств, которые организация может использовать для формирования производственных запасов. Тогда, возможный размер партии поставки материальных ресурсов (n) можно рассчитать по формуле:

$$n = \frac{P_n - \text{ДС}}{k}, \quad (2)$$

где ДС – объем финансовых средств, которые организация может использовать для формирования производственных запасов.

Производственные запасы – это материальные ресурсы (сырье, материалы, покупные полуфабрикаты и комплектующие изделия, топливо-смазочные материалы, тара, запасные части для устранения отказов, инструменты), находящиеся на складах организации и предназначенные для их использования в производственном процессе, но еще не поступившие в производство.

Поэтому, увеличение размера партии поставки материальных ресурсов (n') должно быть ограничено величиной, соответствующей минимуму между потребностью организации в них за рассматриваемый период и объемом финансовых средств, которые будут использованы для формирования производственных запасов:

$$n' = \min \left(N, \frac{P_n - \text{ДС}}{k} \right). \quad (3)$$

Графически определение рационального размера партии поставки сырья, материалов и экономически обоснованной величины производственных затрат, связанных с обеспечением организации материальными ресурсами, приведено на рис. 1.

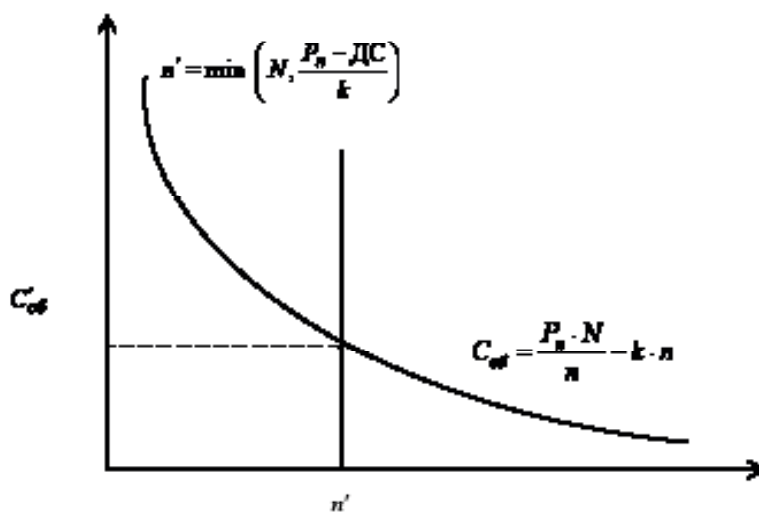


Рис. 1. – Определение рационального размера партии поставки сырья, материалов и экономически обоснованной величины производственных затрат, связанных со снабжением организации материальными ресурсами

Экономически обоснованная величина производственных затрат, связанных со снабжением организации материальными ресурсами, определяется установлением рационального размера партии их поставки (n') на уровне минимума между потребностью в них за рассматриваемый период и объемом финансовых средств, которые будут направлены на формирование производственных запасов:

– для рационального размера партии поставки материальных ресурсов ($C'_{об}$), соответствующего потребности организации в сырье и материалах за рассматриваемый период ($n' = N$):

$$C'_{об} = P_n - k \cdot N; \quad (4)$$

– для рационального размера партии поставки материальных ресурсов ($C'_{об}$), соответствующего объему финансовых средств, которые организация может использовать для формирования производственных запасов $n' = \frac{P_n - ДС}{k}$:

$$C'_{об} = \frac{k \cdot N \cdot ДС}{P_n - ДС}. \quad (5)$$

Данный подход к повышению эффективности снабжения организации сырьем и материалами, нацеленный на минимизацию соответствующих производственных затрат, характерен тем видам материальных ресурсов, для которых изменение объема партии их поставки оказывает существенное влияние на изменение величины производственных затрат.

Другим подходом к повышению эффективности обеспечения организации материальными ресурсами является необходимость снижения производственных затрат, связанных с хранением производственных запасов на складах.

Для эффективного управления производственными затратами на основе совершенствования процесса снабжения организации материальными ресурсами необходимо оптимизировать размер производственных запасов.

В процессе производственной деятельности материальные ресурсы могут поставляться поставщиками несвоевременно, не совпадать поставки ресурсов с их потреблением, увеличиваться объемы их приобретения с целью экономии затрат на ресурсы, связанные с опережением сезонного повышения цен. Поэтому возникает необходимость формирования производственных запасов материальных ресурсов, позволяющих осуществлять производственный процесс непрерывно, равномерно и ритмично.

Учитывая факторы, влияющие на формирование производственных запасов материальных ресурсов, необходимо отметить, что с увеличением размера партии поставки растут и складские запасы материальных ресурсов. При этом каждая единица материальных ресурсов может более длительное время находиться на складе, что приведёт к росту производственных затрат на амортизацию складских помещений и оборудования, арендную плату, отопление, освещение и т.д. Финансовые средства авансируются в производственные запасы материальных ресурсов на более длительный срок, вероятность снижения качества от их длительного хранения может возрасти, что также увеличит производственные затраты.

Изменение величины производственных затрат, связанных с хранением сырья и материалов на складах организации ($C_{хр}$), от размера производственных запасов материальных ресурсов, можно записать в виде:

$$C_{хр} = C_1 \cdot m, \quad (6)$$

где C_1 – величина производственных затрат, связанных с хранением единицы производственных запасов на складах организации;

m – размер производственных запасов материальных ресурсов.

Структура формулы (6) позволяет сформулировать вывод о том, что для уменьшения производственных затрат, связанных с хранением сырья и материалов на складах организации, любой субъект хозяйствования должен стремиться к снижению размера производственных запасов материальных ресурсов.

Эффективное управление производственными затратами, осуществляемое на основе формирования производственных запасов на складах организации, предусматривает согласование объемов поступления и потребления материальных ресурсов.

Согласование объемов поступления и потребления материальных ресурсов возможно при условии выполнения следующего соотношения:

$$m = \frac{\Pi_{мр}}{2},$$

где $\Pi_{мр}$ – объем потребления материальных ресурсов за период времени, равный интервалу между поставками.

При выполнении условия согласования объемов поступления и потребления материальных ресурсов в момент поступления новой партии сырья и материалов на складах организации должен находиться страховой производственный запас, который может быть использован в производственном процессе в том случае, если в поставках происходят непредвиденные сбои как по объёму, так и по времени. Тогда, снижение объема производственных запасов материальных ресурсов в целях уменьшения производственных затрат, связанных с хранением сырья и материалов на складах организации, должно быть ограничено величиной страхового запаса ($\Pi Z_{\text{стр}}$):

$$m = \Pi Z_{\text{стр}}.$$

Снижение размера производственных запасов материальных ресурсов (m') должно быть ограничено величиной, соответствующей максимуму между объемом потребления материальных ресурсов за период времени, равный интервалу между поставками, и величиной страхового запаса:

$$m' = \max\left(\frac{\Pi_{\text{мр}}}{2}, \Pi Z_{\text{стр}}\right).$$

Графически определение рационального размера производственных запасов материальных ресурсов и экономически обоснованной величины производственных затрат, связанных с хранением сырья и материалов на складах организации, приведено на рис. 2.

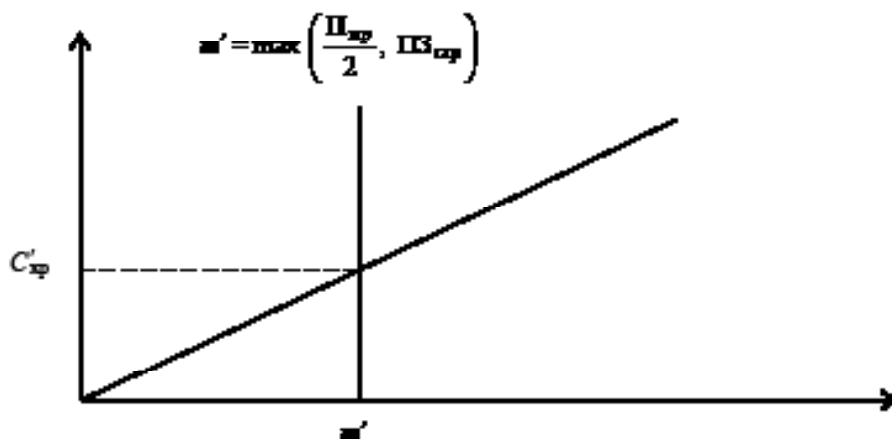


Рис. 2. – Определение рационального размера производственных запасов материальных ресурсов и экономически обоснованной величины производственных затрат, связанных с хранением сырья и материалов на складах организации

Экономически обоснованная величина производственных затрат, связанных с хранением сырья и материалов на складах организации определяется установлением оптимального размера производственных запасов материальных ресурсов (m') на уровне максимума между объемом их потребления за период времени, равный интервалу между поставками, и величиной страхового запаса:

для рационального размера производственных запасов материальных ресурсов, соответствующего объему их потребления за период времени равный интервалу между поставками $\left(m' = \frac{\Pi_{\text{мр}}}{2}\right)$:

$$C'_{xp} = C_1 \cdot \frac{\Pi_{\text{мр}}}{2}; \quad (7)$$

для рационального размера производственных запасов материальных ресурсов, соответствующего величине страхового запаса ($m' = \Pi Z_{\text{стр}}$):

$$C'_{xp} = C_1 \cdot \Pi Z_{\text{стр}}. \quad (8)$$

Данный подход к снабжению организации материальными ресурсами, нацеленный на минимизацию соответствующих производственных затрат, применим для тех видов материальных ресурсов, для которых изменение размера производственных запасов оказывает существенное влияние на изменение величины производственных затрат.

Если величина производственных затрат в равной степени зависит как от размера партии поставки сырья и материалов, так и размера производственных запасов, то для повышения эффективности обеспечения организации материальными ресурсами необходимо стремиться к минимизации совокупных производственных затрат. Условие минимизации совокупных производственных затрат, связанных с обеспечением организации материальными ресурсами и хранением сырья и материалов на складах организации, можно представить в следующем виде:

$$C = C_{об} + C_{хр} \rightarrow \min.$$

Используя аналитические соотношения, описывающие определение производственных затрат, связанных с обеспечением организации материальными ресурсами и их хранением на складах, величину совокупных производственных затрат (C) рассчитывают по формуле:

$$C = \left(\frac{P_n \cdot N}{n} - k \cdot N \right) + C_1 \cdot m. \quad (9)$$

Анализ структуры формулы (9) показывает, что величина совокупных производственных затрат, связанных с обеспечением организации материальными ресурсами и их хранением на складах, зависит от размера партии поставки (n) и объема производственных запасов (m). При этом необходимо учитывать тот факт, что эффективное управление производственными затратами организации предусматривает согласование интенсивности поступления и потребления материальных ресурсов, т. е. должно выполняться следующее условие:

$$n = \Pi_{\text{мр}}.$$

Эффективное управление производственными затратами организации осуществляется в том случае, если средний объем производственных запасов поддерживается на уровне величины, равной половине размера партии поставки материальных ресурсов:

$$m = \frac{n}{2}.$$

Учитывая зависимость среднего объема производственных запасов организации от размера партии поставки материальных ресурсов, можно представить совокупные производственные затраты, связанные с обеспечением организации материальными ресурсами и хранением сырья и материалов на складах организации, как величину, зависящую только от размера партии поставки. Тогда, аналитическое соотношение, описывающее определение величины совокупных производственных затрат, связанных со снабжением организации материальными ресурсами и хранением сырья и материалов на складах организации, можно записать в следующем виде:

$$C = \left(\frac{P_n \cdot N}{n} - k \cdot N \right) + C_1 \cdot \frac{n}{2}. \quad (10)$$

Графически изменение величины совокупных производственных затрат (C'), связанных со снабжением организации материальными ресурсами и хранением сырья и материалов на складах организации, от размера партии поставки материальных ресурсов приведено на рис. 3.

Анализ данных на графике изменения величины совокупных производственных затрат, связанных со снабжением организации материальными ресурсами, хранением сырья и материалов на её складах, от размера партии поставки материальных ресурсов, представленный на рис. 3, позволяет утверждать, что существует такой размер партии поставки материальных ресурсов, при котором достигается наименьшая величина совокупных производственных затрат.

Для определения оптимального размера партии поставки материальных ресурсов, при котором достигается наименьшая величина совокупных производственных затрат, необходимо пер-

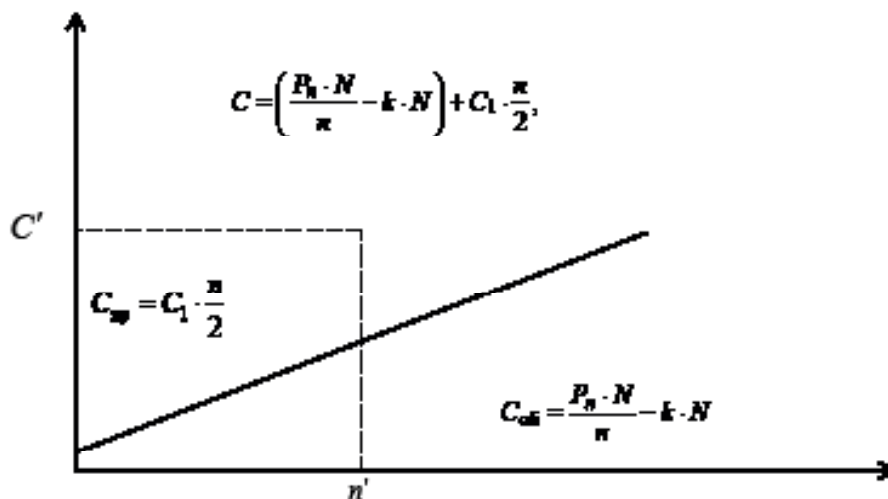


Рис. 3. – Изменение величины совокупных производственных затрат, связанных со снабжением организации материальными ресурсами, хранением сырья и материалов на её складах, от объема партии поставки материальных ресурсов

вую производную функции от размера партии поставки материальных ресурсов $C(n)$, описываемую аналитическим соотношением (10), приравнять к нулю:

$$\frac{dC}{dn} = \frac{C_1}{2} - \frac{P_n \cdot N}{n^2} = 0.$$

В результате получим аналитическое соотношение, описывающее рациональный размер партии поставки материальных ресурсов:

$$n' = \sqrt{\frac{2 \cdot P_n \cdot N}{C_1}}. \quad (11)$$

При этом размере партии поставки материальных ресурсов достигается наименьшая величина совокупных производственных затрат, связанных со снабжением организации материальными ресурсами и хранением сырья и материалов на её складах. Эта величина совокупных производственных затрат, связанных со снабжением организации материальными ресурсами и их хранением на складах, составит:

$$C' = \sqrt{2 \cdot P_n \cdot N \cdot C_1} - k \cdot N. \quad (12)$$

Проведенные исследования позволяют утверждать, что существуют три подхода к эффективному управлению производственными затратами на основе совершенствования процесса снабжения организации материальными ресурсами:

минимизация производственных затрат, связанных со снабжением организации материальными ресурсами;

минимизация производственных затрат, связанных с хранением производственных запасов материальных ресурсов на складах организации;

минимизация совокупных производственных затрат, связанных со снабжением организации материальными ресурсами и хранением сырья и материалов на складах организации.

Выбор одного из вышеперечисленных подходов к эффективному управлению производственными затратами на основе совершенствования процесса снабжения организации материальными ресурсами зависит от степени влияния основных факторов на уровень производственных затрат:

если изменение величины производственных затрат существенно зависит от изменения объема партии поставки материальных ресурсов, то целесообразно использовать первый подход;

если изменение величины производственных затрат существенно зависит от изменения объема производственных запасов, то целесообразно использовать второй подход;

если изменение величины производственных затрат существенно зависит от изменения как объема партии поставки материальных ресурсов, так и объема производственных запасов, то целесообразно использовать третий подход.

Для формирования критерия оценки степени влияния основных факторов на уровень производственных затрат, и выбора одного из указанных подходов к эффективному управлению производственными затратами на основе совершенствования процесса снабжения организации материальными ресурсами, можно использовать коэффициент эластичности. Коэффициент эластичности производственных затрат от основных факторов их формирования может быть рассчитан по формуле:

$$\mathfrak{E}_i = \frac{\Delta C_i}{C_i} \bigg/ \frac{\Delta F_i}{F_i}, \quad (13)$$

где $\mathfrak{E}_i$ – коэффициент эластичности производственных затрат связанных со снабжением материальными ресурсами или хранением производственных запасов от основных факторов их формирования;

ΔC_i – прирост производственных затрат, связанных со снабжением материальными ресурсами или хранением производственных запасов;

ΔC_i – величина производственных затрат, связанных с обеспечением материальными ресурсами или хранением производственных запасов;

ΔF_i – прирост основного фактора формирования производственных затрат партии поставки материальных ресурсов или производственных запасов;

F_i – значение основного фактора формирования производственных затрат партии поставки материальных ресурсов или производственных запасов.

Учитывая наличие двух основных факторов формирования производственных затрат, а именно объема партии поставки материальных ресурсов и объема производственных запасов, необходимо рассчитать:

коэффициент эластичности производственных затрат от объема производственных запасов:

$$\mathfrak{E}_{об} = \frac{\Delta C_{об}}{C_{об}} \bigg/ \frac{\Delta n}{n}; \quad (14)$$

коэффициент эластичности производственных затрат от объема партии поставки материальных ресурсов:

$$\mathfrak{E}_{xp} = \frac{\Delta C_{xp}}{C_{xp}} \bigg/ \frac{\Delta m}{m}. \quad (15)$$

Тогда, критерий эффективного управления производственными затратами на основе совершенствования процесса снабжения организации материальными ресурсами примет вид:

$$K = -\frac{\mathfrak{E}_{об}}{\mathfrak{E}_{xp}}. \quad (16)$$

Необходимо обратить внимание на то, что коэффициент эластичности производственных затрат от размера партии поставки материальных ресурсов принимает отрицательные значения, так как увеличение размера партии поставки всегда приводит к уменьшению производственных затрат, связанных с обеспечением организации материальными ресурсами, и наоборот.

Поэтому, рассматривая структуру критерия эффективного управления производственными затратами на основе совершенствования процесса снабжения организации материальными ресурсами, необходимо указать, что он определяет относительную величину отклонения между коэффициентами эластичности производственных затрат от объема партии поставки материальных ресурсов и размера производственных запасов.

Таким образом, основными составляющими критерия эффективного управления производственными затратами на основе совершенствования процесса снабжения организации материальными ресурсами являются коэффициенты эластичности производственных затрат от объема партии поставки материальных ресурсов и объема производственных запасов. Значение коэффициента эластичности рассматриваемого показателя зависит от вида функции, которая его описывает.

Зависимость величины производственных затрат от объема партии поставки материальных ресурсов описывается гиперболой, поэтому значение коэффициента эластичности является переменной величиной, изменяющейся в зависимости от объема партии поставки сырья и материалов в интервале от минуса бесконечности до нуля:

$$\mathcal{E}_{об} \in [-\infty; 0].$$

Зависимость величины производственных затрат от объема производственных запасов описывается линейной функцией, поэтому значение коэффициента эластичности является постоянной величиной, равной единице:

$$\mathcal{E}_{xp} = \frac{\frac{\Delta C_{xp}}{C_{xp}}}{\frac{\Delta m}{m}} = \frac{\frac{C_1 \cdot \Delta m}{C_1 \cdot m}}{\frac{\Delta m}{m}} = 1.$$

Критерий эффективного управления производственными затратами на основе совершенствования процесса снабжения организации материальными ресурсами с учётом значения, которые принимают коэффициенты эластичности производственных затрат от объема партии поставки материальных ресурсов и объема производственных запасов примет следующий вид:

$$K = -\mathcal{E}_{об}.$$

Критерий эффективности управления производственными затратами на основе совершенствования процесса снабжения организации материальными ресурсами может принимать только положительные значения, соответствующие коэффициенту эластичности производственных затрат от размера партии поставки материальных ресурсов, взятому с противоположным знаком.

Принимая во внимание, что величина коэффициента эластичности производственных затрат зависит от объема партии поставки материальных ресурсов, рекомендуется осуществлять расчет значения критерия (К) для оптимального размера партии поставки материальных ресурсов (n^*), определяемого по формуле (3).

Учитывая возможные значения, которые может принимать критерий (К), следует указать на то, что многие экономисты не уделяют внимания формированию интервалов значений, на которых необходимо использовать разные подходы к эффективному управлению производственными затратами на основе совершенствования процесса обеспечения организации материальными ресурсами, т.е. не определяют критические значения для рассматриваемого критерия (К). В этом случае вне зависимости от значений, которые может принимать критерий (К), для управления процессом снабжения организации материальными ресурсами предлагается использовать третий подход, основанный на минимизации совокупных производственных затрат.

По нашему мнению, такое управление процессом снабжения организации материальными ресурсами не совсем оправдано. Достижение эффективного управления процессом снабжения организации материальными ресурсами возможно только в том случае, если для критерия (К) сформированы интервалы значений, на которых целесообразно использовать различные подходы к эффективному управлению производственными затратами.

Для этого необходимо определять критические значения для рассматриваемого критерия (К). Установление критических значений для критерия (К) осуществляется в зависимости от особенностей осуществления процесса снабжения организации материальными ресурсами, ви-

дов рассматриваемых материальных ресурсов, внутренних и внешних экономических условий, в которых осуществляет свою деятельность организация.

Определяя те или иные критические значения, можно сужать или расширять интервалы значений для критерия (К), на которых целесообразно использовать соответствующий подход к эффективному управлению производственными затратами. Не учитывая особенностей функционирования субъекта хозяйствования, для эффективного управления процессом снабжения организации материальными ресурсами, по нашему мнению, можно воспользоваться универсальными критическими значениями критерия (К).

Рассчитав значение предлагаемого к использованию критерия (К), осуществляется выбор одного из существующих подходов к эффективному управлению производственными затратами на основе совершенствования процесса снабжения организации материальными ресурсами. Для этого необходимо руководствоваться следующими универсальными критическими значениями:

если критерий (К) принимает значения, превышающие 1,3 ($K > 1,3$), то для эффективного управления производственными затратами следует использовать первый подход, основанный на минимизации производственных затрат, связанных со снабжением организации материальными ресурсами;

если критерий (К) принимает значения в интервале 1,1; 1,3 ($1,1 < K < 1,3$), то для эффективного управления производственными затратами следует использовать третий подход, основанный на минимизации совокупных производственных затрат, связанных со снабжением организации материальными ресурсами и хранением сырья и материалов на её складах;

если критерий (К) принимает значения, не превышающие 1,1 ($0 < K < 1,1$), то для эффективного управления производственными затратами следует использовать второй подход, основанный на минимизации производственных затрат, связанных с хранением производственных запасов материальных ресурсов на складах организации.

Учитывая критические значения, предложенные для эффективного управления производственными затратами на основе совершенствования процесса снабжения организации материальными ресурсами в результате использования критерия (К), механизм принятия управленческого решения, связанного с выбором одного из существующих подходов, можно представить в виде схемы (рис. 4).

Эффективное управление производственными затратами:

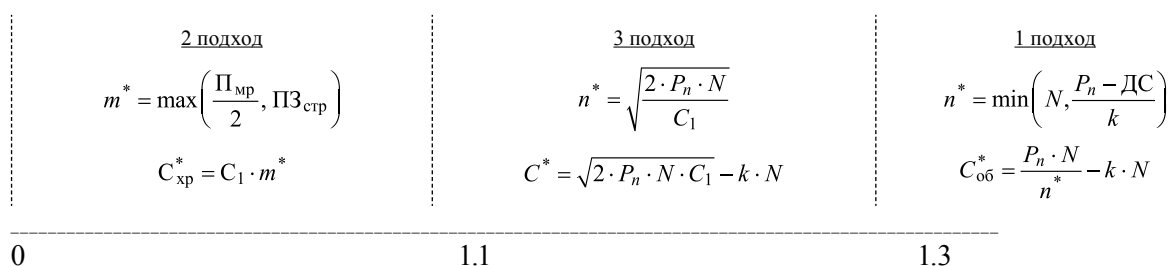


Рис. 4. – Схема принятия управленческого решения, связанного с эффективным управлением производственными затратами на основе совершенствования процесса снабжения организации материальными ресурсами

Заключение

1. Механизм принятия управленческого решения, связанного с выбором одного из существующих подходов к управлению процессом снабжения организации сырьем и материалами, приведенный на рисунке 4, должен быть использован для всех материальных ресурсов, формируемых субъектом хозяйствования, отдельных их видов или групп одного вида, поступающих от разных поставщиков.

Список использованных источников

1. Задачи управления материально-техническим снабжением в рыночной экономике. / С. А. Баркалов [и др.] М.: ИПУ РАН, 2000. 58 с.

2. Кузин Б. И., Юрьев В. Н., Шахдинаров Г. М. Методы и модели управления фирмой. СПб.: Питер, 2001. – 432 с.
3. Михайловский, Е. И. Обоснование теоретических аспектов влияния процесса снабжения материальными ресурсами на эффективность управления производственными затратами организации / Е. И. Михайловский // Механизация и электрификация сельского хозяйства: Межведомственный тематический сборник РУП «НЦП НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»; - Минск, «Беларуская навука», 2018. Вып. 51. – С. 225–231.

W. Romaniuk, K. Borek, K. Mazur

*Instytut Technologiczno-Przyrodniczy
Oddział Warszawa
Zakład Systemów Infrastruktury Technicznej Wsi*

LINIE TECHNOLOGICZNE DO PRZYGOTOWANIA PASZ PEŁNOPORCJOWYCH DLA GOSPODARSTW RODZINNYCH I FARMERSKICH

W artykule podano podstawowe urządzenia do rozdrabniania, dozowania i mieszania komponentów pasz sypkich pełnoporcjowych. Przedstawiono też linie do granulacji pasz o różnej wydajności, przydatnych dla gospodarstw rodzinnych i farmerskich. Ponadto podano sposób określenia jakości pasz sypkich na potrzeby zwierząt domowych.

Słowa kluczowe: mieszarka, przenośnik, rozdrabniacz, granulator, linia technologiczna

W. Romaniuk, K. Borek, K. Mazur

*Technological-natural Institute
Department Warsaw
Enterprise of Systems of Infrastructure of Technical Village*

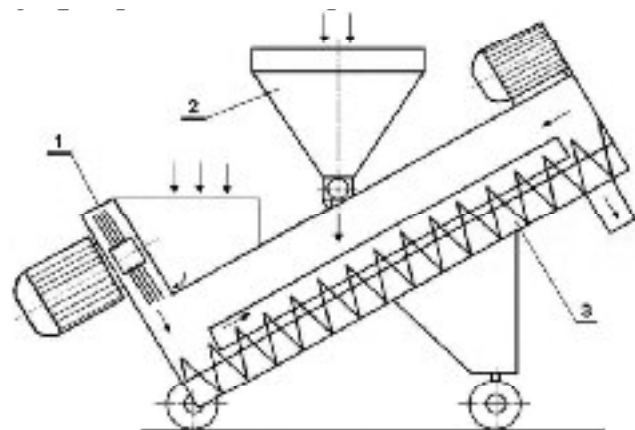
TECHNOLOGICAL LINES FOR FULL-PORION FORAGES FOR FAMILY AND AGRICULTURAL FARMS

Basic equipment for crumbling, dosing and mixing of components of full-portion loose forages were presented in article. Also technological lines for granulation of several capacities, useful for family and agricultural farms were described. Moreover solution for loose forage quality for needs of pets were presented.

Keywords: mixer, conveyor, chopper, granulator, technological line

WPROWADZENIE

Jakość pracy linii (schematy przedstawiono na rysunkach 1, 2, 3) ocenia się stopniem wymieszania składników. Stopień wymieszania, będący podstawą do oceny mieszarek, określa się na podstawie odchylenia standardowego, będącego miarą różnicy między rzeczywistym udziałem składników w mieszanke a udziałem założonym w recepturze.



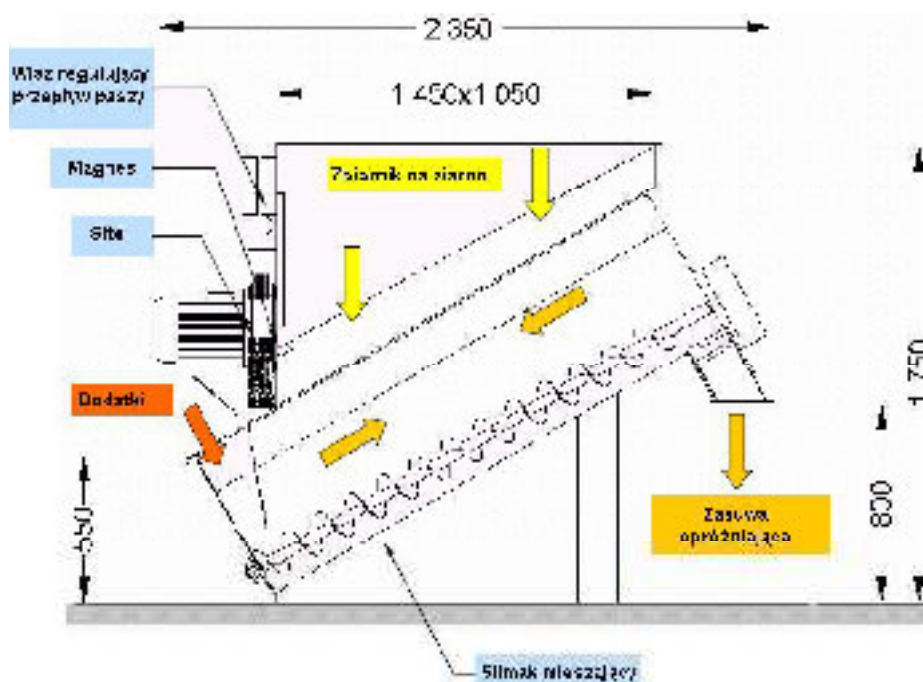
Rys. 1. Zestaw do rozdrabniania i mieszania pasz z dozownikiem objętościowym: 1 – sito, 2 – dozownik, 3 – ślimak mieszający [opracowanie własne]

Wynikiem procesu mieszania jest produkt o odpowiedniej jakości, a mieszanka paszowa stanowi zarazem kryterium oceny pracy mieszarki.

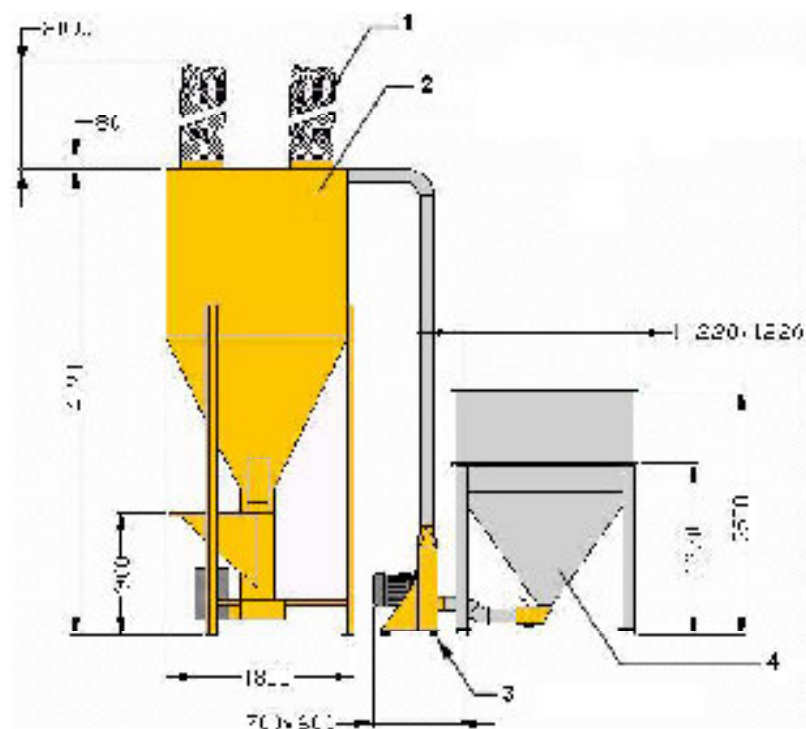
Pobrane próby z wymieszanej paszy należy poddać odpowiednim analizom, których rodzaj zależy od przyjętej wcześniej zasady testowania.

Spośród tych analiz można wymienić [GROCHOWICZ 1996]:

- badanie składu granulometrycznego i porównywanie kolejnych prób;
- analizę sedymentacyjną (próbkę o masie 30 g wprowadza się do cieczy o gęstości poniżej $1,5 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, np. czterochloroetylen i wykonuje analizę porównawczą osadów po upływie 5 min);



Rys. 2. Zestaw do rozdrabniania i mieszania pasz: 1 – włącz regulujący przepływ paszy, 2 – magnes, 3 – ruszt [materiały informacyjne firmy ELECTRA]



Rys. 3. Zestaw do przygotowania koncentratów paszowych z elektronicznym sterowaniem obciążenia rozdrabniacza o wydajności ok. 1,5 t^h⁻¹ oraz mieszadłem pionowym: 1 – filtry, 2 – mieszarka (2,2 kW), silos (obj. 3,7 m³), 3 – rozdrabniacz bijakowy z rzutnikiem (7,5 kW), 4 – zasobnik na ziarno [materiały informacyjne firmy ELECTRA]

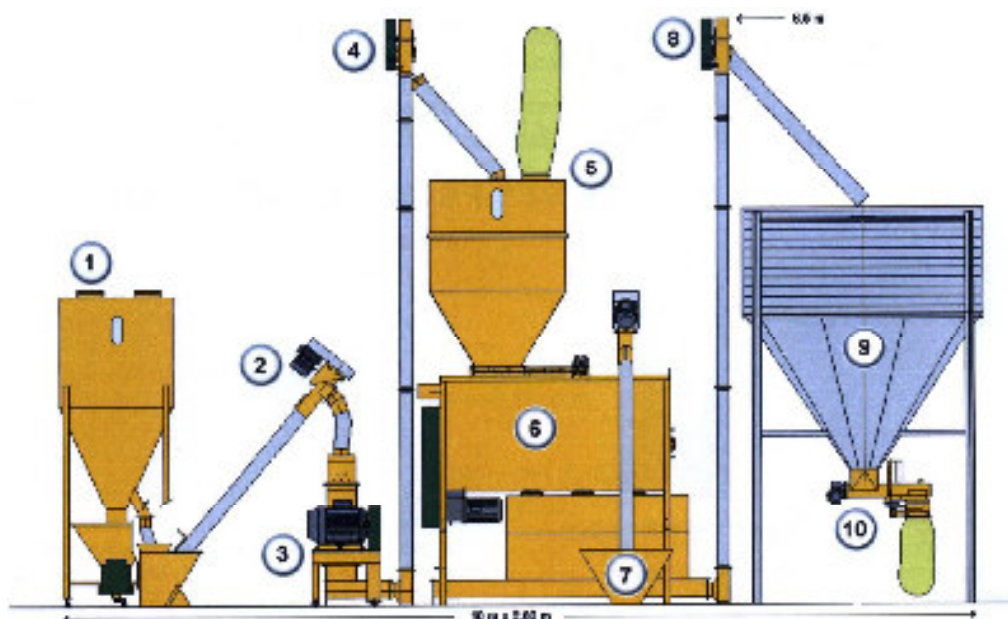
– oznaczenie zawartości popiołu w kolejnych próbach – zbyt mało dokładna metoda, ponieważ nie dostarcza informacji o różnicach w zawartości składników występujących w skali mikro;

– oznaczanie zawartości chlorków (po dodaniu soli lub dla mieszanek, które ją zawierają) metodą potencjometryczną lub z użyciem specjalnego aparatu pomiarowego (do automatycznego oznaczania stężenia jonów chlorkowych);

- oznaczanie zawartości węglanu wapnia (za pomocą aparatu Scheiblera);
- oznaczanie zawartości w paszy niektórych środków farmakologicznych;
- analiza obecności w próbach mikrowskaźników dodanych do mieszarki przed rozpoczęciem mieszania.

Pojedyncze wyniki analiz nie dają pełnego obrazu jakości paszy, gdyż potrzebne są wartości porównawcze i kryteria liczbowego wartościowania zmienności badanych cech [BRUMM, GONYOU 2001; BOSS, TUKIENDORF 1997]. Do tego celu wykorzystuje się wskaźniki uzyskiwane metodami stosowanymi w statystyce matematycznej, jak wartość średnia badanej cechy, odchylenie standardowe, współczynnik zmienności itp.

Na rysunku 4 przedstawiono zestaw komponentów paszowych lub pełnoporcjowych mieszanek o wydajności $6 \cdot 10 \text{ th}^{-1}$.



Rys. 4. Schemat linii do przygotowania pasz sypkich pełnoporcjowych: 1 – wstępny silos-mieszarka do ziarna, 2 – przenośnik ślimakowy, 3 – rozdrabniacz na ziarno i komponenty, 4 – przenośnik pionowy, 5 – dozownik, 6 – mieszarka pozioma, 7 – przenośnik, 8 – przenośnik kubekowy, 9 – silos-pojemnik, 10 – dozownik [materiały informacyjne firmy ELECTRA]

Sposób określenia tzw. indeksu mieszania, który charakteryzuje jakość procesu mieszania i równomierność rozmieszczenia badanego składnika w masie mieszanki, określa się wzorem:

$$I_m = \frac{p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n}{n_s},$$

gdzie:

n_s – liczba prób pobranych do analizy,

$p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$ – względna koncentracja danego komponentu w pobranej próbce mieszanki (wyrażona w procentach masy).

Wartość p oblicza się za pomocą wzorów:

$$p = \frac{b}{b_0} \cdot 100\%, \text{ jeżeli } b < b_0$$

lub

$$p = \frac{100 - b}{100 - b_0}, \text{ jeżeli } b > b_0$$

gdzie:

b – koncentracja danego składnika w próbce,

b_0 – średnie stężenie tego składnika w mieszance (obliczone teoretycznie).

Na uwagę zasługuje stosowanie mikrowskaźników do szybkiego testowania jednorodności mieszanek [KARBOWY 2004]. W charakterze mikrowskaźników używa się różnych substancji, np. barwionych cząstek grafitu, błękitu metylowego czy barwionych opiłków żelaznych. Substancje wskaźnikowe wprowadza się do mieszanych komponentów przed procesem mieszania.

Mikrowskaźniki barwiące dostarczane są w małych, np. jednogramowych torebkach, zawierających znaczną liczbę (np. 60 000 szt.) cząstek, co pozwala łatwo wyznaczyć niezbędną ich liczbę, którą należy wprowadzić do paszy (zależnie od pojemności mieszarki), tak aby w każdej próbce o masie 5 g mogła się znaleźć przynajmniej 1 cząstka wskaźnika. Próbkę mieszanki wysypuje się na wilgotną bibułę, na której powstają po pewnym czasie barwne smugi po cząstkach wskaźnika. Opiłki żelaza, użyte w charakterze mikrowskaźnika, wybiera się z próbki za pomocą magnesów, natomiast zawartość błękitu metylowego w próbce określa się przez ekstrakcję etanolem i pomiar intensywności jego zabarwienia w kolorymetrze [KARBOWY 2004].

Oprócz wymienionych metod, do szczegółowych badań nad przebiegiem operacji mieszania można stosować izotopy.

Dokładność uzyskiwanych wyników zależy od liczby cząstek mikrowskaźnika oraz liczby prób pobieranych z mieszarki. Uważa się, że do bieżącej kontroli jakości mieszanki wystarczy pobrać 10 prób. Aby stwierdzić z prawdopodobieństwem równym $k = 0,9$, że wynik oznaczenia nie odbiega więcej niż $\pm 10\%$ od wartości rzeczywistej, należy zbadać 200 prób [KARBOWY 2004]. W szczegółowych badaniach należałoby określić stopień wymieszania każdego ze składników paszy. W praktyce jednak określa się stopień wymieszania w mieszaninie jednego z jej składników i na tej podstawie wnioskuje się o stopniu wymieszania pozostałych składników paszy. Często do określenia stopnia wymieszania paszy dodaje się przed mieszaniem dodatkowy składnik, tzw. wyróżnik (np. NaCl), którego zawartość w próbkach daje się wyznaczyć nieskomplikowanymi metodami chemicznymi. Jedną z metod określania stopnia wymieszania pasz jest metoda atomów znaczonych. Metoda ta polega na zanurzeniu jednego ze składników paszy przed wymieszaniem w ciekłym izotopie promieniotwórczym Technet $^{99}_{43}\text{Tc}$. Izotop ten jest nisko radioaktywny, bezpieczny w obróbce i charakteryzuje się krótkim okresem połowicznego rozpadu – 6 dni.

Badanie próbek w tym przypadku polega na ocenie natężenia promieniowania emitowanego przez poszczególną próbkę. Przebieg procesu mieszania pasz treściwych ma charakter losowy, dlatego do jego oceny można stosować metody statyczne. Stopień wymieszania, stanowiący podstawę do oceny mieszarki i paszy, określa się na podstawie odchylenia standardowego S , będącego miarą różnicy między rzeczywistym udziałem składników mieszanki, a udziałem założonym w recepturze.

Odchylenie standardowe:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - x_s)^2},$$

gdzie

n – liczba próbek;

x_i – udział składnika w mieszaninie wg receptury;

x_s – udział składnika w badanej próbce.

W przypadku mieszaniny, dla której nie ma dokładnie ustalonego składu proporcji składników, stopień jednorodności ustala się na podstawie średniej wartości udziału badanego składnika x_{sr} .

Odchylenie standardowe wyniesie wówczas (wg PN-74/N-01051):

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - x_{sr})^2},$$

gdzie

$$x_{sr} = \frac{1}{n} x_i;$$

x_i – udział składnika w poszczególnych próbkach;

x_{sr} – średnia arytmetyczna udziału składnika w pobranych próbkach.

Wyróżnikiem może być zawartość białka, suchej masy lub innego składnika (np. NaCl) dodanego do paszy w celu określenia jakości mieszania.

Dla porównania stopnia jednorodności (lub raczej niejednorodności) mieszanki stosuje się tzw. współczynnik zmienności:

$$V = \frac{S}{x_{sr}} \cdot 100\%,$$

stanowiący stosunek odchylenia standardowego S do rzeczywistego udziału [%] składnika w mieszaninie (x_{sr}).

Jeżeli w skład mieszaniny wchodzi składniki, których cząstki różnią się właściwościami fizyczno-mechanicznymi, to proces mieszania może przebiegać nieprawidłowo, co wyraża się dużą niejednorodnością produktu końcowego. Najważniejsze cechy materiału wpływające na przebieg procesu mieszania to: wilgotność, lepkość, rozkład uziarnienia, stosunek wymiarów cząstek poszczególnych składników, stosunek mas usypowych składników.

Efekt mieszania zależy również od parametrów technologicznych (przede wszystkim od wzajemnego stosunku składników i sposobu zasilania mieszarki) oraz kinetycznych (prędkości i ustawienia elementów roboczych) [KARBOWY 2004].

Czynnikami sprzyjającymi procesowi mieszania są: niewielkie wymiary i wyrównany rozkład uziarnienia cząstek poszczególnych składników, zbliżone wartości mas usypowych składników, duża różnica w udziałach najliczniejszego składnika i pozostałych.

Wydajność mieszarki zależy od jej parametrów konstrukcyjnych oraz sposobu działania. Wydajność mieszarek o działaniu okresowym można wyrazić wzorem [$\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$]:

$$Q = M \frac{60}{t}, \quad (4.11)$$

przy czym:

$$M = V_m Q_s \Psi,$$

a

$$t = t_1 + t_2 + t_3,$$

gdzie

M – masa jednorazowego wsadu do mieszarki [kg];

V_m – objętość zbiornika mieszarki [m^3];

Q_s – masa usypowa [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$];

Ψ – współczynnik napełnienia zbiornika;

t – całkowity czas cyklu mieszania [s];

t_1 – czas napełniania [s];

t_2 – czas właściwego mieszania [s];

t_3 – czas rozładunku mieszarki [s].

Współczynnik napełniania Ψ dla mieszarek ślimakowych pionowych wynosi 0,7–0,8. Czas właściwego mieszania t_2 waha się w granicach 5–10 min. Czasy t_1 i t_3 zależą od konstrukcji mieszarki i zastosowanych urządzeń zasilających.

Wydajność mieszarek o działaniu ciągłym (np. ślimakowych poziomych lub bębnowych) [$\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$] można obliczyć, podobnie jak wydajność przenośników ślimakowych, ze wzoru:

$$Q_m = 450 \left[(D_1 + 2\lambda)^2 - d^2 \right] \cdot s_1 \cdot \omega \cdot \Psi \cdot Q_s,$$

gdzie

Q_m – wydajność masowa [$\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$];

D_1 – średnica zewnętrznej powierzchni śrubowej [m];

λ – luz promieniowy między ślimakiem a obudową koryta [m];

d – średnica wału ślimaka [m];
 s_1 – skok ślimaka [m];
 ω – prędkość kątowa ślimaka [$\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$];
 Q_s – masa usypowa [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$];
 Ψ – współczynnik napełnienia koryta.

Współczynnik napełnienia Ψ dla mieszarek tego typu wynosi 0,3–0,4. Prędkość przemieszczania materiału w kierunku poosiowym w mieszarce o działaniu ciągłym wynosi zwykle 0,015–0,025 [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]. Długość L mieszarki [m] wyznacza się w zależności od prędkości poosiowej i koniecznego czasu mieszania:

$$L = v \cdot t,$$

gdzie

t – czas mieszania [s];
 v – prędkość poosiowa mieszania [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$].

Całkowite zapotrzebowanie mieszarki na moc N [kW] stanowi sumę mocy N_1 – zużywanej na pokonanie oporów materiału podczas jego przemieszczania – oraz mocy N_2 – zużywanej na pokrycie oporów tarcia elementów napędu (łożysk, uszczelnień itd.) i wyraża się wzorem:

$$N = N_1 + N_2.$$

Dla mieszarek bębnowych N_1 [kW] oblicza się ze wzoru:

$$N_1 = \frac{M_o \cdot \omega}{1000} = \frac{\omega \cdot G_r \cdot \sin \varphi}{1000},$$

gdzie

M_o – moment obrotowy [$\text{N} \cdot \text{m}$];
 G_r – ciężar wsadu [N];
 φ – kąt tarcia wewnętrznego w ruchu;
 ω – prędkość kątowa bębna [$\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$], gdzie $\omega \approx 0,6 \omega_{gr}$.

W tym przypadku pobierana moc zostaje zużyta na podniesienie materiału podczas obrotu bębna.

Zapotrzebowanie na moc N_1 [kW] dla mieszarki z obracającymi się elementami roboczymi można wyznaczyć z wystarczającym przybliżeniem ze wzoru stosowanego do obliczania mieszadeł do cieczy:

$$N_1 = \frac{C \frac{1}{2} Q_s V^3 A z}{1000} = \frac{C Q_s r^3 \omega^3 A z}{2000},$$

gdzie

C – współczynnik oporu;
 V_o – średnia prędkość obwodowa [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$];
 r – ramię siły oporu względem osi obrotu [m];
 A – rzut powierzchni oporu elementów mieszających na płaszczyznę prostopadłą do kierunku ruchu [m^2];
 z – liczba elementów mieszających, jednocześnie zanurzonych w materiale.
 Ramię r [m] oblicza się z zależności:

$$r = R - s - \frac{h}{2},$$

gdzie

R – promień obudowy;
 h – długość zagłębionego w materiale elementu mieszającego;
 s – odległość między obudową a końcami elementów mieszających.

Ponieważ podczas mieszania występują przede wszystkim siły bezwładności oraz siły tarcia, współczynnik oporu C jest przy stałym stopniu napełnienia mieszarki funkcją liczby Frouda:

$$F_r = \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^2$$

oraz współczynnika tarcia mieszanego materiału o elementy mieszarki $\mu = \operatorname{tg} \varphi$.

Ze względu na trudności ujęcia tych zależności w postaci analitycznej zaleca się projektować mieszarki na podstawie uprzednio wykonanego i przebadanego modelu funkcjonalnego.

Współczynnik oporu będzie można wówczas wyznaczyć z zależności:

$$c = k \cdot \Psi \cdot F_r^{\frac{p}{2}},$$

gdzie

k – stała charakteryzująca zastosowany rodzaj mieszadła (ślimakowego, łopatkowego i in.);

Ψ – stopień napełnienia mieszarki.

$$F_r = p \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^2,$$

przy czym

ω – prędkość kątowna projektowanej mieszarki [$1 \cdot s^{-1}$];

ω_0 – prędkość kątowna mieszarki modelowej [$1 \cdot s^{-1}$];

p – współczynnik ustalany empirycznie (w praktyce $p \approx -2$).

Próbki do badań należy pobierać po wymieszaniu paszy podczas opróżniania mieszarki, po czasie mieszania określonym w instrukcji obsługi maszyny. Czas ten nie powinien być dłuższy niż podany w karcie wymagań Systemu Maszyn Rolniczych [IBMER 1983]. Czas mieszania liczy się od chwili zakończenia załadunku mieszarki.

W badaniach porównawczych różnych mieszarek lub linii technologicznych należy ustalić taki sam czas mieszania. Pobieranie próbek powinno odbywać się w równych odstępach czasu i z tego samego miejsca w każdym powtórzeniu. Do oceny stopnia wymieszania pasz należy wykonać minimum trzy powtórzenia.

PROCES GRANULACJI PASZ

Zespoły granulujące

Proces granulacji pasz odbywa się w klasycznych liniach technologicznych, których schemat blokowy przedstawiono na rysunku 5.

Jak wynika z tego schematu, linia rozpoczyna się od zbiornika, w którym gromadzona jest pasza sypka przeznaczona do granulacji. Pasza wybierana jest równomiernie przez dozownik i podawana do kondycjonera łopatkowego, w którym jest intensywnie mieszana z parą wodną, doprowadzaną z instalacji parowej. Ciepło zawarte w parze wodnej podgrzewa paszę, w wyniku czego następuje wzrost temperatury. Następnie pasza trafia do granulatora.

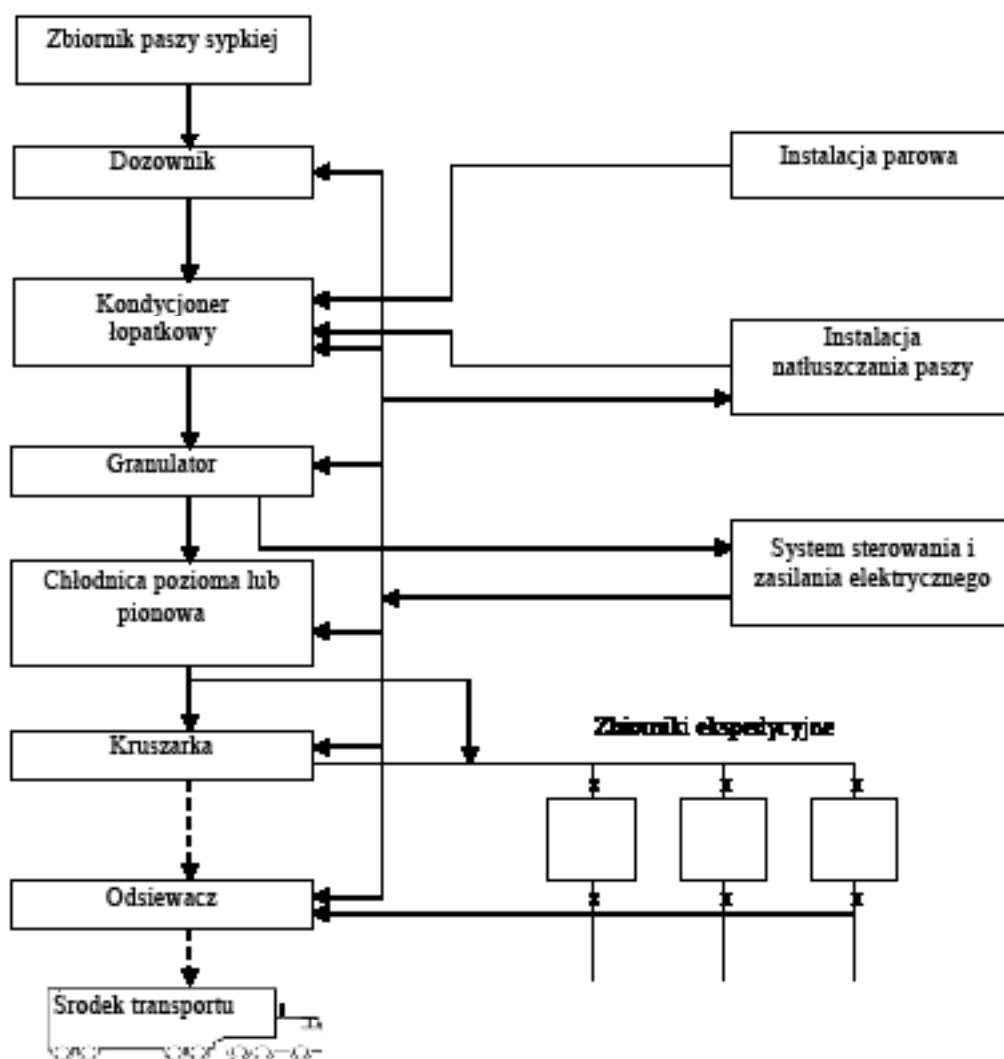
Zespół granulujący tworzą matryce i współpracujące z nimi rolki wraz z systemem mocowania i zmiany matryc, układem regulacji odstępów między rolkami i matrycą, regulacji docisku rolek i układem zdalnego sterowania i parametrami pracy tych zespołów.

Matryce są elementami roboczymi, które w decydujący sposób wpływają na przebieg i efekty procesu granulowania. Wykonuje się je ze stali stopowej lub nawet ze stali nierdzewnej i utwardza wewnętrzną powierzchnię, co uzasadnia wysoki koszt ich wykonania.

Matryce charakteryzują następujące parametry:

- wymiary (średnica, grubość, szerokość powierzchni współpracującej z rolkami);
- średnica i kształt otworów;
- powierzchnia czynna otworów, czyli tzw. współczynnik prześwitu.

Grubość matrycy pozostaje w ścisłym związku ze średnicą otworów, tj. matryca o większej średnicy otworów musi być grubsza (ze względów wytrzymałościowych). Grubość matryc pierścieniowych z otworami o małych średnicach jest 10-krotnie większa od średnicy otworu (np. matryce o średnicy 3,2 mm mają grubość 31,75 mm); przy większych średnicach otworów stosunek ten odpowiednio maleje.



Rys. 5. Schemat blokowy linii technologicznej granulacji pasz [POTOCKI 1997]

Otworki w matrycach mogą mieć różny kształt, zależnie od przeznaczenia matrycy oraz jej grubości (rys. 6, a). Otwór charakteryzuje kilka wielkości (rys. 6, b). Rozwierzona część wlotowa otworu ma kształt stożkowy lub paraboliczny. Ma to na celu z jednej strony zlikwidowanie płaszczyzn między otworami i zbliżenie stożków krawędziami, (co sprawia, że mieszanka jest całkowicie wtłaczana do otworów), z drugiej zaś wstępne zagęszczenie mieszanki, co sprzyja formowaniu granulatu o większej zwięzłości.

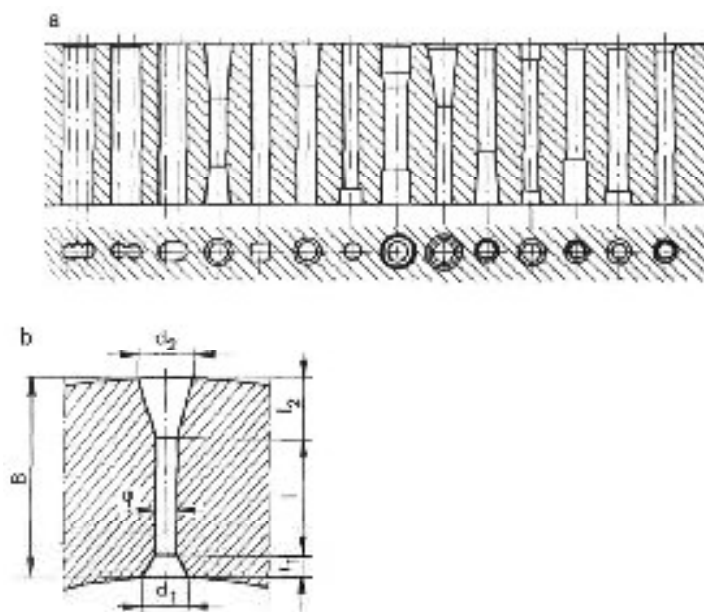
Stosunek średnicy wlotowej części stożkowego otworu d_1 do średnicy komory prasowania d nazywa się współczynnikiem zagęszczania lub „stopniem sprężania» matrycy:

$$k_z = \frac{d_1}{d}.$$

Prędkości obrotowe matryc pierścieniowych zawierają się w granicach 70–350 obr.:min⁻¹, zależnie od średnicy matrycy i rodzaju granulowanej mieszanki.

Rolki mogą mieć powierzchnię żłobkowaną równoległą do osi rolki (ryflowanej), o różnym zagęszczeniu ryfli (najczęściej 3 ryfle na 10 mm), albo ze stożkowymi wgłębieniami, analogicznymi do wlotowych części otworu w matrycy.

W zespołach prasujących granulatorów z matrycą pierścieniową instaluje się przeważnie dwie rolki. Jeżeli używane są matryce o większych średnicach, stosuje się trzy rolki, rozmieszczone co 120° lub asymetrycznie na wewnętrznym obwodzie matrycy. Przy większej liczbie rolek zwiększa się wydajność



Rys. 6. Otwory w matrycach: *a* – różne rodzaje otworów, *b* – wielkości charakterystyczne otworów; *B* – grubość matrycy, *l* – długość drogi prasowania (kalibrującej części otworu matrycy), *l*₁ – długość odcinka stożkowego przy wlocie, *l*₂ – długość rozszerzonego odcinka przy wylocie, *d*₁ – średnica podstawy stożka wlotowego, *d*₂ – średnica podstawy stożka wylotowego, ϕ – kaliber matrycy (średnica komory prasowania) [GROCHOWICZ 1996]

T a b e l a 1. Niektóre dane techniczne matryce pierścieniowych [katalogi TESTMER S.A. 1998]

Średnica otworów [mm]	Promień wewnętrzny pierścienia matrycy [mm]	Promień zewnętrzny matrycy [mm]	Liczba rzędów otworów [szt.]	Liczba otworów [szt.]	Masa matrycy [kg]
4,8	410	520	176 × 19	3344	68
6,2	410	520	140 × 14	1960	74
9,4	410	560	92 × 9	828	98
12,7	410	560	60 × 6	360	88
19	410	610	32 × 4	128	138

granulatora, gdyż wzrasta powierzchnia, na której równocześnie odbywa się prasowanie. Średnica rolek powinna być możliwie duża, co poprawia warunki prasowania, ale jest ona ograniczona średnicą wewnętrzną matrycy.

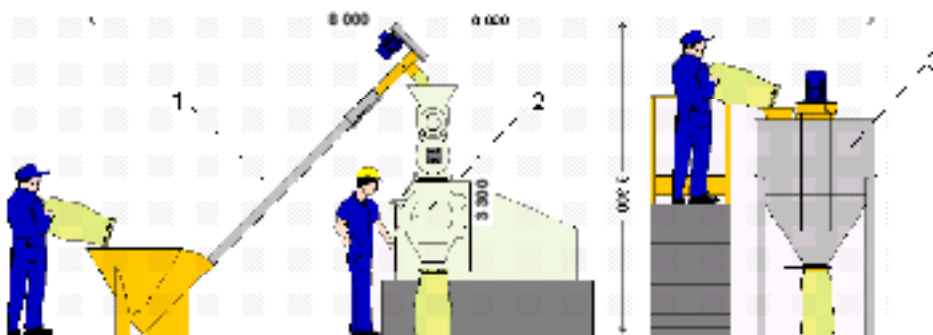
Schematy linii technologicznych do granulacji pasz możliwej do zastosowania w gospodarstwach o różnej wielkości przedstawiono na rysunkach 7, 8, 9, 10.

Oznaczanie zawartości suchej masy wykonuje się według normy PN-76/R-64752, a oznaczanie zawartości białka według normy PN-75/N-04O18. Paszę uważa się za dobrze wymieszaną, jeśli współczynnik zmienności nie przekracza 5%. Zarówno podczas mieszania, jak i opróżniania zbiornika nie może zachodzić segregacja składników.

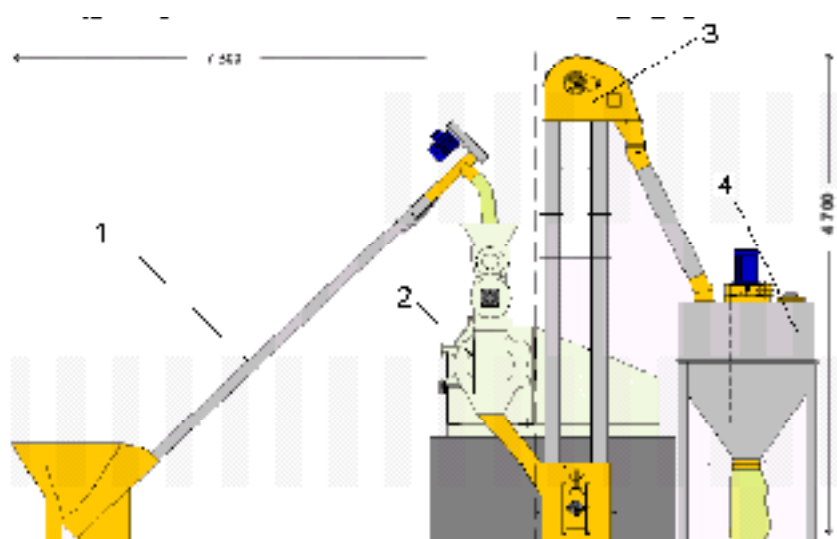
Zalety pasz granulowanych

Pasze w postaci granulowanej mają wiele zalet w porównaniu z paszami w postaci sypkiej, a mianowicie:

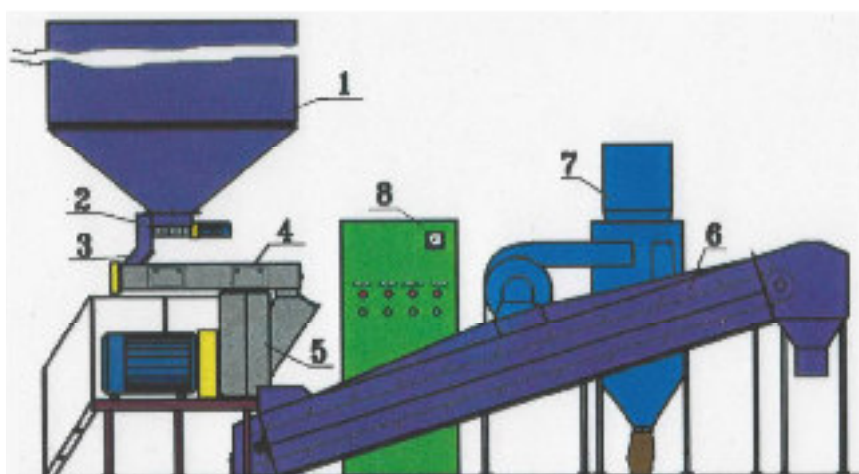
- nowoczesne metody produkcji pasz pełnowartościowych obejmują ich termiczną obróbkę oraz ciśnieniową aglomerację;
- pasza granulowana jest jednorodna; w granulach zawarte są (w sposób trwały) składniki pokarmowe wchodzące w skład paszy i dodane mikroskładniki (witaminy, mikroelementy, stymulatory itp.); przy dużym rozdrobnieniu i wymieszaniu składników pokarmowych granulat stanowi paszę pełnoporcjową;



Rys. 7. Linia technologiczna do granulacji pasz z załadunkiem ręcznym: 1 – przenośnik ślimakowy, 2 – granulator, 3 – silos na granulaty z wentylacją [materiały informacyjne firmy ELECTRA]



Rys. 8. Linia technologiczna do granulacji pasz z wykorzystaniem przenośnika kufelkowego do załadunku: 1 – przenośnik ślimakowy, 2 – granulator, 3 – przenośnik kufelkowy, 4 – silos na granulaty z wentylacją [materiały informacyjne firmy ELECTRA]



Rys. 9. Widok podstawowych zespołów linii do granulacji pasz: 1 – zbiornik granulacyjny, 2 – dozownik, 3 – zsyp, 4 – kondycjoner z magnesem, 5 – granulator, 6 – chłodnica, 7 – cyklon z wentylatorem, 8 – szafa sterująca [katalogi TESTMER S.A. 2017]

- pasza granulowana może być transportowana mechanicznie lub pneumatycznie bez obawy jej rozwarstwienia, co ma miejsce w przypadku mieszanek sypkich, a podczas transportu lub zadawania do minimum ograniczone jest również zapylenie, mogące powodować u zwierząt schorzenia dróg oddechowych; te zalety paszy granulowanej umożliwiają wprowadzenie pełnej mechanizacji i automatyzacji na fermach hodowlanych;

- granulat może być dłużej składowany niż mieszanki sypkie, gdyż wolniej traci wartość pokarmową;

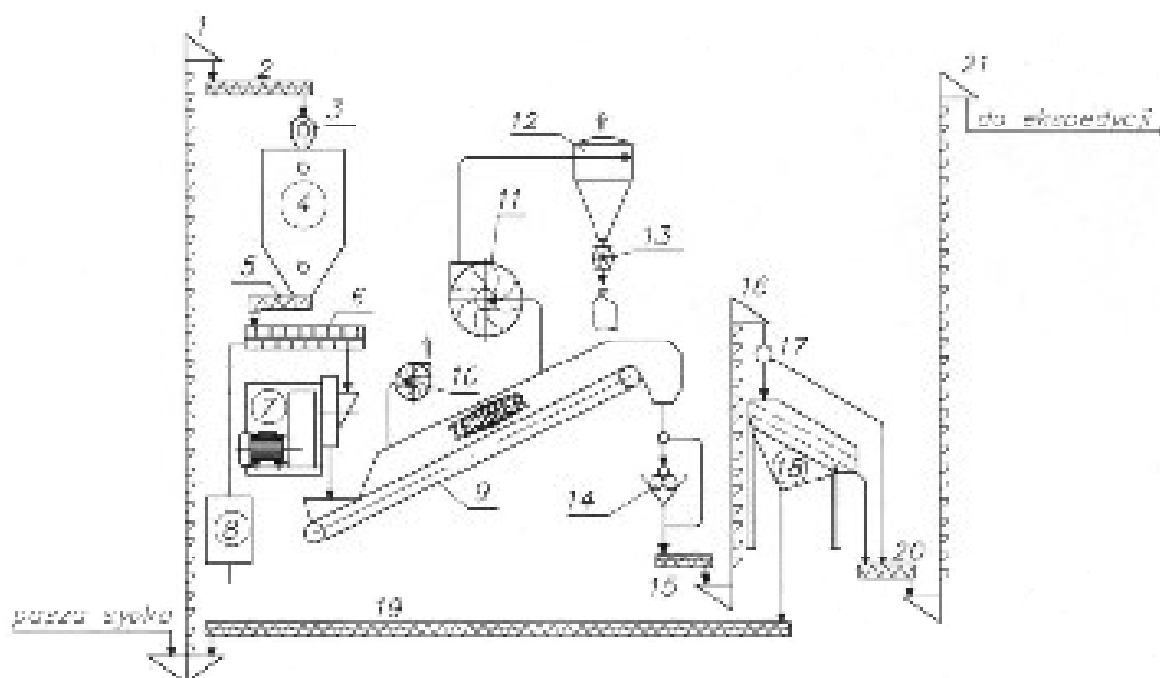
- granulat jest zjadany w całości i chętniej niż mieszanki sypkie;

- obróbka termiczna (kondycjonowanie surowców w granulatorze) poprawia wartość paszową i smakowitość użytych surowców;

- granulat zajmuje mniejszą objętość niż mieszanka sypka, co pozwala zmniejszyć niezbędną powierzchnię magazynową, jest wygodniejszy w obrocie i może być łatwo przewożony luzem, co eliminuje koszt opakowań i obsługi, występujący w obrocie materiałami workowanymi.

Badania nad efektywnością stosowania granulatu w żywieniu drobiu wykazują, że dzięki granulowaniu uzyskano oszczędność paszy średnio o 20% (wg badań ITP) na jeden kilogram masy zwierząt.

W zależności od gatunku zwierząt oszczędności paszy mogą wynosić (wg innych autorów) od 8 do 15%.



Rys. 10. Linia do granulacji pasz sypkich firmy TESTMER: 1 – podnośnik kubelkowy, 2 – przenośnik ślimakowy, 3 – wychwytywacz magnetyczny, 4 – zbiornik operacyjny nad granulatorem, z czujnikiem minimalnego i maksymalnego napełnienia, 5 – dozownik ślimakowy, 6 – kondycjoner, 7 – prasa granulacyjna, 8 – kocioł parowy lub wytwornica pary, 9 – chłodnica pozioma przenośnikowa, 10 – wentylator aspiracyjny wstępny, 11 – wentylator aspiracyjny główny, 12 – cyklon, 13 – śluza podcyklonowa, 14 – kruszarka granulatu, 15 – przenośnik ślimakowy, 16 – przenośnik kubelkowy, 17 – rozdzielacz dwudrogowy sterowany elektrycznie, 18 – odsiewacz wibracyjny okruszyn, 19, 20 – przenośnik ślimakowy, 21 – podnośnik kubelkowy [katalogi TESTMER S.A. 2017]

WNIOSKI

Przedstawione systemy przygotowania pasz pełnoporcjowych oraz koncentratów pasz pozwalają na racjonalną produkcję zwierząt, zwłaszcza trzody chlewnej i drobiu.

Podane technologiczne sposoby i możliwości przygotowania pasz z elementami technicznymi urządzeń, pozwalają na dobór systemu racjonalnego żywienia do potrzeb produkcji.

BIBLIOGRAFIA

1. Boss J., Tukiendorf M. 1997. Mieszanie materiałów ziarnistych metodą wysypu kominowego. Zeszyty Naukowe Politechniki Łódzkiej. Inżynieria Chemiczna. Nr 22. S. 30–38.
2. Brumm M.C., Gonyou H.W. 2001. Effects of facility design on behavior and feed and water intake. In Swine Nutrition 2nd edition. S. 499–518.
3. Electra 2012. Materiały informacyjne firmy Electra.
4. Grochowicz J. (red.) 1996. Technologia produkcji mieszanek paszowych. Warszawa. PWRiL. ISBN 83-09016565, ss. 389.
5. Karbowy A. 2004. Wpływ wybranych parametrów kinematyczno-konstrukcyjnych mieszarki – silosu na efektywność mieszania. Rozprawa doktorska. Szczecin. Symbol dok. XXVI/2555.
6. Potocki T. 1997. Nowoczesne metody produkcji pasz pełnowartościowych. Podstawowe problemy w technologii chowu bydła i trzody chlewnej z uwzględnieniem aspektów ekologicznych. Materiały na konferencję. Warszawa. IBMER. S. 115–120.
7. Testmer S.A. 2017. 2010. 1998. Katalogi firmy Testmer S.A.

УДК 636.085

Поступила в 18.06.2019
Received 18.06.2019

Е. Л. Жилич¹, А. А. Кувшинов¹, А. И. Пунько²

*¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь, e-mail: nrc_mol@mail.ru*

*²УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь, e-mail: rektorat@bsatu.by*

РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ И ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКТА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОМБИКОРМОВ КОКК-10 В УСЛОВИЯХ ХОЗЯЙСТВА

В статье приводятся результаты разработки и экономической эффективности применения комплекта автоматизированного оборудования для производства полнорационных комбикормов КОКК-10 в условиях хозяйства.

Ключевые слова: комплект оборудования, смеситель, смешивание, однородность, равномерность смешивания, зерно, кормовая смесь, датчик, производительность.

E. L. Zhilich¹, A. A. Kuvshinov¹, A. I. Punko²

*¹RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»,
Minsk, Republic of Belarus, email: npc_mol@mail.ru*

*²EI «Belarusian State Agrarian Technical University»,
Minsk, Republic of Belarus, email: rektorat@bsatu.by*

RESULTS OF DEVELOPMENT AND APPLICATION OF THE SET OF EQUIPMENT FOR PREPARATION OF KOKK-10 FEED IN FARM CONDITIONS

The article presents the results of development and economic efficiency of application of a set of automated equipment for production of full-range mixed feed KOKK-10 in farm conditions.

Keywords: equipment set, mixer, mixing, uniformity, uniformity of mixing, grain, fodder mix, sensor, productivity.

Введение

Насыщение продовольственного рынка страны высококачественными мясными и молочными продуктами является одной из важнейших социально-экономических задач на ближайшую перспективу. Однако существующее состояние комбикормового производства в республике не позволяет в полной мере решить проблему обеспечения растущих потребностей животноводческих хозяйств качественными биологически полноценными комбикормами.

Кроме того, в республике практически не имеется технической базы для замены изношенного оборудования. На некоторых заводах выпускаются отдельные технические средства (дробил-

ки, смесители) однако они предназначены для выполнения отдельных технологических операций, из них сложно создавать полные технологические решения получения комбикормов. Назрела острая необходимость технического переоснащения и реконструкции имеющихся в хозяйствах комбикормовых производств, с частичной или полной заменой оборудования.

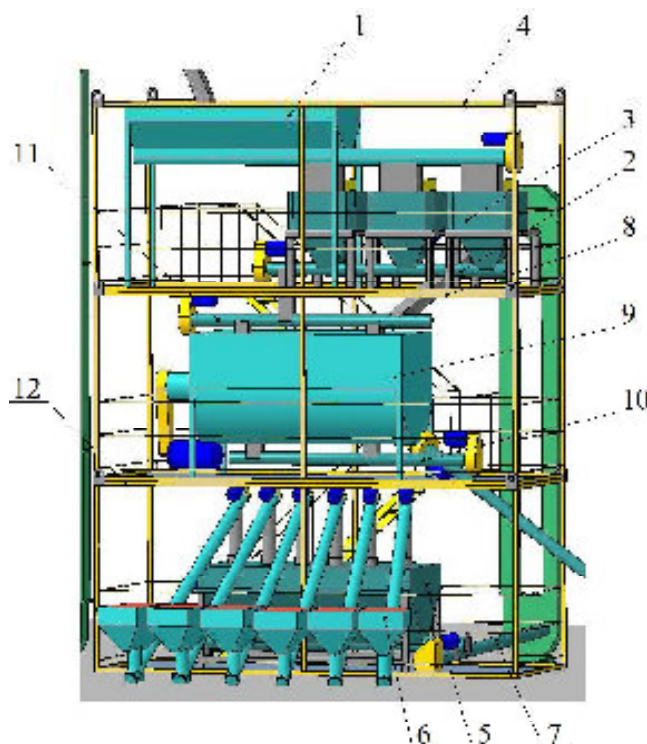
Основная часть

В РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработан ряд оборудования для приготовления комбикормов производительностью от 1 до 5 т/ч. В их числе комплект комбикормового оборудования КОК-5 в контейнерном исполнении, который эксплуатируется в СПК «Луки-Агро» Кореличского района с 2011 г. Он обеспечивает производство полнорационных комбикормов в условиях хозяйства, согласно заданным рецептам, а управление технологическим процессом ведется автоматизированной системой (АСУ ТП) [1].

Опробованные технические решения получили свое развитие при разработке комплекта оборудования для производства комбикормов производительностью 7–10 т/ч. Его ключевой особенностью является контейнерное исполнение основных технологических узлов. Преимущества таких цехов заключается в сокращении сроков ввода в эксплуатацию, благодаря минимальной продолжительности монтажа; проведение испытаний изготовленного технологического на заводе оборудования перед доставкой, что повышает надежность применяемых машин; простота транспортировки и сокращение расходов на ее осуществление.

«Сердцем» разработанного комплекта оборудования КОКК-10 являются 3 контейнера с технологическим оборудованием, полностью изготовленных на производстве и установленных друг на друге на месте монтажа.

Схема компоновки контейнеров комплекта оборудования КОКК-10 представлена на рис. 1. Снаружи контейнеры обшиваются сэндвич-панелями и, тем самым, образуется производственное помещение.



1 – накопитель зернофуража; 2 – сборный винтовой конвейер; 3 – молотковая дробилка; 4, 8, 12 – контейнер; 5 – устройство весовое БВМД; 6 – питатель БВМД; 7, 10 – винтовой конвейер; 9 – двухкамерный смеситель; 11 – распределительный винтовой конвейер

Рис. 1. – Схема компоновки контейнеров комплекта оборудования КОКК-10



Рис. 2. – Общий вид контейнеров с установленным технологическим оборудованием

Емкости для хранения исходных зерновых компонентов с системой транспортирования и распределения загружаемых компонентов, сепаратор примесей и весовое устройство порций, а также силоса готовых комбикормов располагаются снаружи. В разработанном комплексе оборудования применено 6 силосов вместимостью 40 м³ каждый для компонентов комбикорма, что обеспечивает работу цеха в течение суток.

Кроме того, технологическая схема построена таким образом, что предварительное смешивание зерновых компонентов производится в процессе их движения, что позволило не только оптимизировать процесс производства продукции, но и снизить на 15% энергоемкость и 20% металлоемкость по сравнению с предыдущей разработкой – комплектом комбикормового оборудования КОК-5.

Технологический процесс работы разработанного комплекса оборудования состоит из 3 этапов:

1. Прием, очистка исходных компонентов (зернофуража), кормовых добавок (рапсового жмыха, подсолнечного шрота) и загрузка оперативных бункеров.
2. Производство рассыпного комбикорма.
3. Загрузка произведённой продукции в бункера для хранения и последующей отгрузки.

Шкаф управления установлен в отдельном помещении (операторской). Разработанная автоматизированная система управления обеспечивает не только выполнение алгоритма работы, но и контроль всех параметров такого энергоёмкого оборудования как молотковые дробилки (режим холостого хода, нагрузка). Они оснащены контроллерами для ПИД-регулирования степени загрузки электродвигателя при измельчении различных зерновых материалов.

Управление работой комплекта оборудования осуществляется через сенсорную панель. Оператор имеет возможность выбирать на дисплее кнопки управления механизмами либо кнопки задания режимов работы АСУТП, а также устанавливать начальные параметры работы (задать рецепт, вес порции, выбор дробилки, бункера для загрузки зерна, бункера для выгрузки комбикорма, общий вес комбикорма по данному рецепту).

Общий вид панели управления представлен на рис. 3.

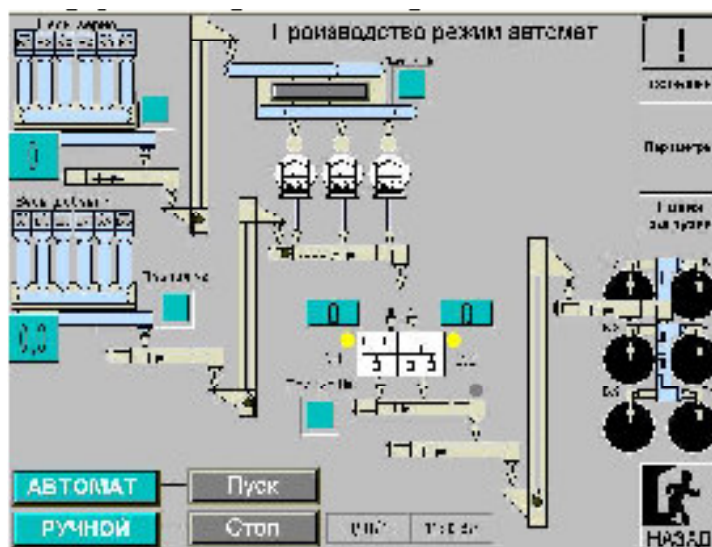


Рис. 3 – Общий вид панели управления АСУ ТП комплекта комбикормового оборудования КОК-10

Выводы

Результаты эксплуатации комплекта оборудования в СПК «Прогресс-Вертелишки» Гродненского района показывают высокую эффективность его использования. За период работы с 1.01.2018 по 1.03.2019 г было произведено 6400 т комбикормов для дойного стада и 10274 т для молодняка КРС, на общую сумму 5,38 млн. руб. При этом себестоимость производства составила 417 руб и 264 руб соответственно.

Годовой экономический эффект от применения использования разработки составляет 59 тыс. руб [2].

Список использованных источников

1. Хозяйственные резервы приготовления комбикормов / А. Д. Селезнев [и др.] // Белорусское сельское хозяйство. – 2008. – № 6. – С. 38–40.
2. Протокол государственных приемочных испытаний ГУ «Белорусская МИС» комплекта автоматизированного оборудования для производства полнорационных комбикормов КОКК-10 от 25.05.2018 г. № 052Д 1/4 ИЦ-2018.

УДК: 631 363:636.085

Поступила в редакцию 05.05.2019
Received 05.05.2019

Романович А. А.

УО «БГАТУ», г. Минск, РБ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОДИСПЕРГАТОРА ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ЗЕРНОФУРАЖА

В статье представлены теоретические исследования параметров гидродиспергатора для измельчения зернофуража посредством кавитационного воздействия.

Ключевые слова: зернофураж, кавитация, гидродиспергатор, насос, производительность.

A. A. Romanovich

UO "BSTU", Minsk, Belarus

THEORETICAL STUDIES OF THE HYDRO-DISPERSANTER PARAMETERS FOR GRINDING THE CEREAL

The article presents theoretical studies of the parameters of a hydrodisperser for grinding grain fodder by means of cavitation.

Key words: grain fodder, cavitation, hydrodisperser, pump, productivity.

Введение

В Республике Беларусь ежегодно убирается свыше 4 млн.т зерна на фуражные цели. Однако, как показали проведенные в РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству» исследования, переваримость консервированного зерна составляет 60–65%, что явно недостаточно[1]. С целью повышения переваримости и усвояемости консервированного плющеного зерна, необходимо провести исследования по изысканию наиболее рентабельного способа его дальнейшей переработки.

В мировой практике известны методы и технологии обработки зернового сырья с целью повышения его переваримости и усвояемости.

Представляет интерес малоизученная гидротермическая механизированная обработка зерна, которая осуществляется с помощью различных установок. В таких установках обработка зерна осуществляется в водной среде без доступа кислорода, в специально спрофилированных насадках, за счет гидродинамических процессов.

Основная часть

Кавитация (лат. *cavitas* – пустота) – явление разрыва капельной жидкости под действием растягивающих напряжений, возникающих при разрежении в рассматриваемой точке жидкости. При разрыве капельной жидкости образуются полости кавитационные пузырьки, заполненные паром, газом или их смесью. Следовательно, разрыв жидкости обусловлен изменением характеристик поля скоростей и давлений.

Устройства, создающие гидродинамическую кавитацию, называются гидродиспергаторами. В процессе обработки зернового материала в гидродиспергаторе обрабатываемая среда подвер-

гается механическому и гидродинамическому (кавитационному) воздействиям. При гидродинамической обработке зерна одновременно происходят три процесса: измельчение, смешивание и нагрев, что объясняется наличием кавитации.

Параметром, характеризующим процесс, является степень развития (стадия) кавитации, которая характеризуется отношением:

$$\beta_k = \frac{K}{K_{кр}} = \frac{p_{хар} - p_{кр}}{2\rho v_{хар}^2 \sin \alpha}, \quad (1.5)$$

где K – коэффициент кавитации в данных условиях работы;

$K_{кр}$ – то же в условиях начала возникновения кавитации;

$p_{хар}$ – абсолютное давление вблизи обтекаемого тела без учета вызванных им возмущений, кПа;

$p_{кр}$ – критическое давление, с учетом влияния выделяющихся воздуха из жидкости при кавитации и наличия твердых взвешенных частиц, кПа;

ρ – плотность водно-зерновой смеси, кг/м³;

$v_{хар}$ – абсолютная скорость потока вблизи обтекаемого тела без учета вызванных им возмущений, м/с;

α – угол сужения трубопровода, град.

Кавитационные разрушения и их интенсивность зависят от формы, стадии кавитации, очертаний обтекаемого тела, содержания в воде воздуха, скорости потока, а также вида материала кавитируемого тела. При некотором значении $\beta = \beta_0$ (рис. 1), в стадии развившейся кавитации, возникают максимальные кавитационные разрушения. В начальной же стадии и в стадии суперкавитации разрушения существенно меньше или вообще могут отсутствовать – особенно при непродолжительных кавитационных воздействиях [2].

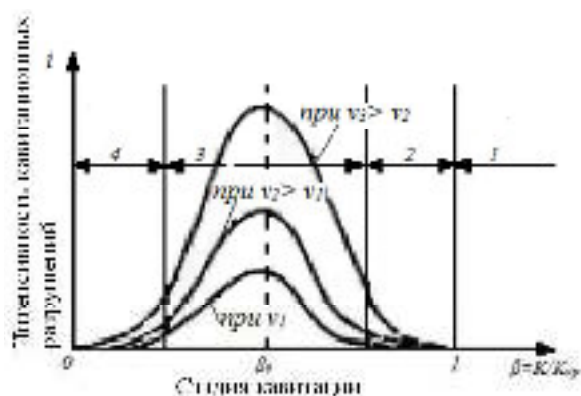
Начальная стадия появляется при больших разрежениях, приводящих к разрыву жидкости. Существуют различные формы начальной стадии кавитации: пузырьчатая, пленочная, в виде вихревых шнуров.

Из формулы, характеризующей число кавитации, видно, что для получения одного и того же числа кавитации нужно либо увеличить скорость потока (знаменатель), либо увеличить давление $p_{кр}$ путем вдувания газа и увеличением температуры обрабатываемой смеси (уменьшить числитель).

В связи с этим была выдвинута гипотеза о необходимости установки кавитатора, состоящего из двух рабочих органов. Один из них должен увеличивать давление смеси до порогового значения, чтобы образованные ранее пузырьки переросли в пульсирующие каверны и, при последующем резком сбросе давления, начали захлопываться, создавая кратковременные импульсы давления, способные разрушить частицы зернофуража, находящегося рядом.

Второй рабочий орган должен разделять поток обрабатываемой смеси на множество мелких струй, обогащая при этом смесь кислородом, что, в свою очередь, позволит увеличить количество парогазовых пузырьков.

В результате поисковых исследований, в качестве рабочих органов гидродинамической установки, создающих эффект кавитации, были выбраны решето и конический патрубок [3–5]. Функция решета заключается в создании дополнительных течений в сплошном потоке жидкости (усиленного турбулентного течения) и частичном механическом разрушении измельчаемых частиц.



1 – бескавитационный режим; 2 – начальная стадия;
3 – развившаяся кавитация; 4 – суперкавитация

Рис. 1 – Схематический график зависимости интенсивности кавитационных разрушений i от стадии кавитации $\beta = K/K_{кр}$

Таким образом, для интенсификации явления кавитации, можно увеличить скорость потока (при помощи ускоряющего патрубка), увеличить давление $p_{кр}$ путем обогащения смеси кислородом (при помощи решета), а также увеличить температуру обрабатываемой смеси путем дополнительного нагрева. А это значит, что компоновочная схема гидродинамической установки будет выглядеть согласно рис. 2.

Для определения геометрических параметров бункера гидродиспергатора необходимо руководствоваться количеством животных, содержащихся на ферме, структурой стада, а также рационом кормления.

Так как в бункер гидродиспергатора загружаются только концентрированные корма, проведем расчет их количества для ферм различных размеров.

Поскольку, на животноводческих фермах, раздачу кормов осуществляют два или три раза в день, то разовую массу загружаемых в гидродиспергатор концентрированных кормов, можно вычислить по формуле:

$$M_p = \frac{M_c}{k_k}, \quad (1)$$

где: M_c – суточная масса концентрированных кормов, кг;

k_k – кратность кормления животных на ферме.

Чтобы обеспечить разовую порцию зерновой пасты, необходимо приготовить следующий объем зерновой пасты:

$$V_p = \frac{M_p + M_b}{\rho_{з.п.}}, \quad (2)$$

где: M_b – масса воды заливаемой в бункер гидродиспергатора, кг;

$\rho_{з.п.}$ – плотность зерновой пасты, кг/м³.

Масса воды, заливаемой в бункер гидродиспергатора, будет зависеть от влажности готовой зерновой пасты, и определяться по формуле:

$$M_b = M_p \cdot B, \quad (3)$$

где B – влажность зерновой пасты, %.

Плотность зерновой пасты будет равна сумме плотностей всех компонентов, входящих в состав готовой зерновой пасты, в зависимости от их количества в общей массе. Подставив в выражение 2 уравнение 3, общий объем зерновой пасты можно определить по формуле:

$$V_p = \frac{M_p + M_p \cdot B}{\rho_{з.п.}} = \frac{M_p (1 + B)}{\rho_{з.п.}}. \quad (4)$$

Транспортирующим рабочим органом гидродиспергатора является насос. Существует большое количество видов насосов, однако наиболее распространенным и простым по конструкции является центробежный насос. В связи с чем, применение данного типа насоса целесообразно для перемещения водно-зерновой смеси по замкнутому контуру гидродиспергатора.

При выборе насоса обычно опираются на два показателя – производительность и напор. Однако при одном и том же значении производительность может быть разной и наоборот. В связи с чем, обычно определяют, какой из показателей является наиболее важным и по нему выбирают марку насоса.

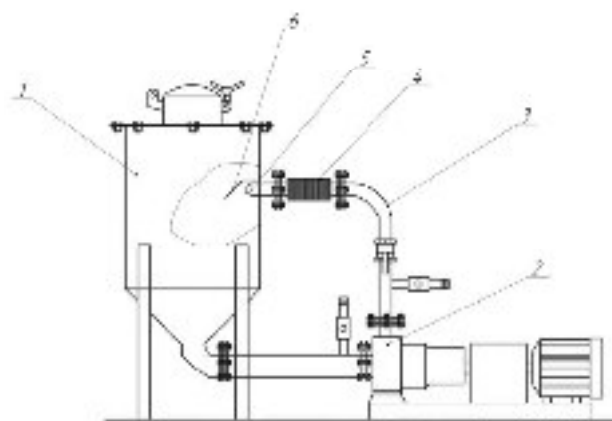


Рис. 2. – Схема экспериментальной гидродинамической установки

В нашем случае – чем больше производительность насоса, тем большее количество раз одна и та же частица зерна пройдет через кавитатор, а, следовательно, и с большей вероятностью измельчиться. С другой стороны – чем больше напор, тем больше давление в ускоряющем патрубке от которого зависит интенсивность кавитации, а, следовательно, и скорость измельчения. Из выше изложенного следует, что желательно, чтобы и производительность и напор были максимальны, однако в таком случае цена и удельные энергозатраты на процесс также возрастают.

Для выбора необходимых характеристик насоса был рассмотрен модельный ряд центробежных насосов производства Валдайского механического завода [6]. Для удобства анализа модельный ряд был отсортирован по производительности насоса, а затем по представленным данным были построены зависимости стоимости (рис. 3, а) и потребной мощности (рис. 3, б) от создаваемого напора для различной производительности.

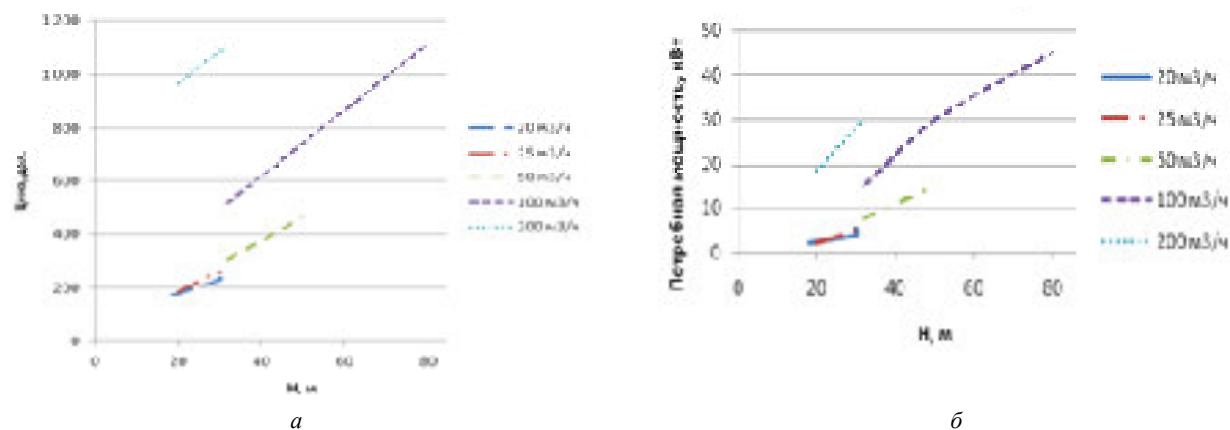


Рис. 3. – Зависимости стоимости и потребной мощности от создаваемого напора для различной производительности

Из представленных зависимостей видно, что при увеличении производительности насоса до 200 м³/ч цена, необходимая мощность увеличиваются в разы, а создаваемый напор находится на уровне ниже среднего. Следовательно, применение таких насосов нецелесообразно.

Для уточнения выбора насоса модельный ряд был отсортирован по напору создаваемому насосам, а затем, по представленным данным, были построены зависимости стоимости (рис. 4, а) и потребной мощности (рис. 4, б) от производительности для различного напора.

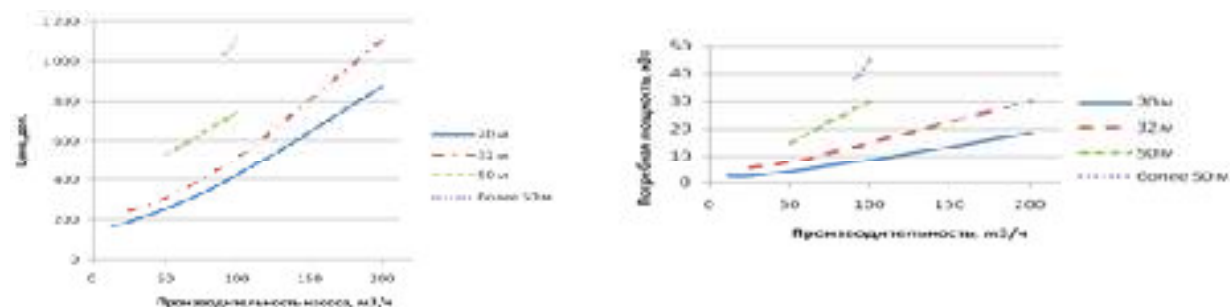


Рис. 4. – Зависимости стоимости и потребной мощности от производительности для различного напора

Из представленной зависимости видно, что при увеличении создаваемого насосом напора свыше 50 м цена и потребная мощность увеличиваются в разы, а производительность при этом остается не очень высокой. Следовательно, применение таких насосов не целесообразно.

Таким образом, из представленных на рис. 3 и 4 зависимостей видно, что производительность насоса не должна превышать 200 м³/ч, а напор, создаваемый насосом 50 м. В случае необходимости переработки большого количества зерновой пасты, а, следовательно, превышения данных показателей целесообразно использовать несколько гидродиспергаторов.

В процессе транспортирование водно-зерновой смеси через кавитатор должно происходить измельчение частиц зерна, следовательно, производительность насоса можно выразить через

объем зерновой пасты необходимый для одного кормления всего поголовья животных измельченной до необходимой фракции.

$$Q_n = \frac{V_p}{tP_{и}}, \quad (5)$$

где: V_p – объем зерновой пасты, м³;

t – время обработки, с;

$P_{и}$ – вероятность измельчения зерна.

Вероятность измельчения частицы зерна можно определить по формуле:

$$P_{и} = 1 - e^{-\frac{2\beta\sigma l_{нз}}{3k_3 P_{хар} l_{кз}} \frac{R_3}{R}}}. \quad (6)$$

Подставив выражения, полученные в зависимости, определим искомую производительность насоса гидродиспергатора:

$$Q_v = \frac{V_p}{t} \left(1 - e^{-\frac{2\beta\sigma l_{нз}}{3k_3 P_{хар} l_{кз}} \frac{R_3}{R}} \right), \quad (7)$$

где: $l_{нз}$ – наибольший начальный размер зерна, м;

$l_{кз}$ – наибольший конечный размер зерна, м.

R_3 – сила необходимая для разрушения зерна, Н;

R – сила с которой струя кормосмеси воздействует на фронтальную поверхность решета, Н.

σ – разрушающее контактное напряжение, Па;

k_3 – коэффициент, учитывающий влажность зерна и степень его обработки;

β_k – степень развития кавитации.

Из представленной зависимости видно, что выбирать производительность насоса следует, опираясь на необходимый объем зерновой пасты, а также на время, которое необходимо потратить для приготовления корма. Для того чтобы процесс измельчения зернофуража протекал наиболее эффективно, необходимо чтобы в гидродиспергаторе была развившаяся кавитация.

Заключение

В результате теоретических исследований предложена компоновочная схема гидродинамической установки. Получена зависимость для определения общего объема зерновой пасты. Проведены теоретические исследования и построены графические зависимости для выбора транспортирующего насоса гидродиспергатора. Из которых видно, что производительность насоса не должна превышать 200 м³/ч, а напор, создаваемый насосом, – 50 м. В случае необходимости переработки большего количества зерновой пасты, а, следовательно, превышения данных показателей целесообразно использовать несколько гидродиспергаторов. Кроме того, получена теоретическая зависимость для определения производительности насоса, опираясь на необходимый объем зерновой пасты, а также на время, которое необходимо потратить для приготовления корма.

Список использованных источников

1. Романович, А. А. Энергетическая эффективность технологии измельчения влажного зерна / Китун А. В. [и др.] // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы : сб. научных статей. – Гродно, 2009. – Ч. 1. – С. 42–45.
2. Рауз, Х. Механика жидкости / Х. Рауз. – Москва: Наука, 1967. – 115 с.
3. Шестаков, С. Д. Основы теории процессов и аппаратов кавитационной дезинтеграции: дис. д-р техн. наук: 05.20.01 / С. Д. Шестаков. – Москва, 2001. – 128 л.
4. Справочник по гидросопротивлениям / Е. И. Идельчик. – Москва: Наука, 1992. – 354 с.
5. Башта, Т. М. Машиностроительная гидравлика / Т. М. Башта. – Москва: Машиностроение, 1971. – 672 с.
6. Официальный Интернет портал ООО «Валдайский механический завод» [Электронный ресурс] / ООО «Валдайский механический завод». – Режим доступа: <http://vldmz.ru/> Дата доступа: 20.08.2019.

В. К. Клыбик, М. И. Новиков

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

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОБООТБОРНИКА ПОЧВЫ БАРАБАННОГО ТИПА

В статье обоснованы конструктивно-технологические параметры и режимы работы пробоотборника почвы барабанного типа.

Ключевые слова: пробоотборный зонд, пробоотбор в движении, угол ввода зонда, площадь поперечного сечения, усилие заглубления.

V. K. Klybik, M. I. Novikov

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

JUSTIFICATION OF PARAMETERS OF DRUM SOIL SAMPLER

The article substantiates the design and technological parameters and operating modes of the drum type soil sampler.

Keywords: sampling probe, probe entry angle, cross-sectional area, penetration force.

Введение

Тенденции развития современного сельского хозяйства предполагают оперирование большими массивами данных об урожайности культур, плодородии почвы и погодных условиях. Анализ плодородия почвы в системе «точного земледелия» предполагает отбор почвенных образцов с элементарных участков небольших размеров (от 1–2 га), что значительно увеличивает количество как единичных, так и объединенных проб. Традиционные методы отбора почвенных образцов в таких условиях уже не пригодны. Использование ручных пробоотборников почвы затян timer процесс полевых работ на длительный срок. В то же время автоматизированный пробоотбор почвы в движении позволит решить данную задачу.

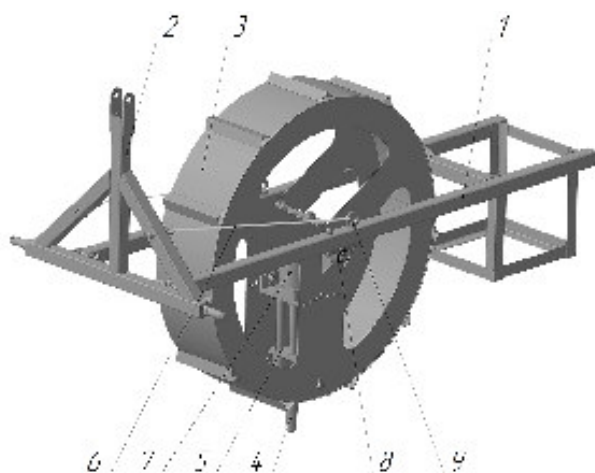
Однако использование средств отбора проб подразумевает обоснование оптимальных параметров рабочих органов пробоотборников, которые должны обеспечивать выполнение технологического процесса – погружение почвенного зонда на заданную глубину и отбор единичной пробы.

В связи с этим возникает необходимость в моделировании процесса отбора почвенных образцов в движении.

Основная часть

Для установления зависимостей протекания процессов при исследовании отбора почвенных образцов в движении необходимо исследовать влияние угла введения почвоотборного зонда в почву, скорости движения и площади поперечного сечения наконечника на усилие заглубления зонда.

Для этих целей разработан макетный образец пробоотборника почвы (рис. 1), который состоит из рамы, изготовленной из труб прямоугольного сечения, уголков и полос, из которых выполнена корзина для балласта.



1 – рама; 2 – навесное устройство; 3 – барабан; 4 – пробоотборный зонд; 5 – кронштейн;
6 – тросовый ограничитель; 7 – беспроводной измерительный модуль; 8 – подшипниковый узел; 9 – рым-гайка

Рис. 1 – Общий вид макета автоматизированного пробоотборника почвы

Рама шарнирно соединена с трехточечной навеской, предусмотренной для агрегатирования макета с тяговым устройством. Для обеспечения перпендикулярного положения рамы относительно навески предусмотрен тросовый ограничитель. Основным рабочим узлом макета пробоотборника является барабан, установленный в подшипниковых узлах, которые закреплены на раме. В дисках барабана предусмотрены отверстия для изменения угла введения зонда в почву.

Зонд крепится на каретке кронштейна пробоотборника. Каретка соединена со штоком пневмоцилиндра измерительного модуля. Каретка, перемещаясь по направляющим кронштейна, исключает изгиб штока пневмоцилиндра в процессе заглубления зонда.

Установка работает следующим образом: навесное устройство тягового агрегата опускает макет до соприкосновения с почвой. Под действием тягового усилия при контакте с почвой грунтозацепов происходит вращательное движение барабана. В процессе движения конический зонд под действием веса макета заглубляется и производит забор почвы. Дальнейшее вращение барабана приводит его в положение, при котором под действием силы тяжести проба земли внутри полого конического зонда попадает во внутреннюю полость барабана, где происходит перемешивание и крошение образца почвы.

Усилие заглубления зонда, жестко соединенного со штоком пневмоцилиндра, определяется посредством измерения давления в поршневой полости пневмоцилиндра. Для этих целей предусмотрен измерительный блок, включающий в себя датчик давления. Датчик подсоединяется к поршневой полости и измеряет с дискретизацией в 1 мс. Данные с датчика по bluetooth передаются и сохраняются на мобильном вычислительном устройстве.

Испытания проводились в условиях опытного производства РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства (поле № 3, фон – стерня) (рис. 2).

В ходе эксперимента исследовалось влияние угла ввода зонда в почву, скорости движения и площади поперечного сечения на усилие заглубления зонда пробоотборника барабанного типа. Изменение угла ввода зонда осуществлялось перестановкой кронштейна в технологических отверстиях пробоотборника, площадь поперечного сечения зонда – заменой наконечников. Скорость изменяли с помощью тягового агрегата (трактор).

Выбор уровней значений для каждого из факторов, включённых в эксперимент, составили: для $V_{\Pi} = 0,92...3,13$ м/с, $\alpha = -15^{\circ}...+15^{\circ}$, $s = 2,513...2,985$ см². Для каждого фактора определяли основной уровень и интервал варьирования.

По результатам исследовательских испытаний получена зависимость, характеризующая усилие заглубления пробоотборного зонда в почву. Получена функция отклика в зависимости от натуральных значений факторов:

$$y = 1532,831 + 23,53 \cdot V_{\Pi} + 35,847 \cdot \alpha + 38,745 \cdot s - 22,993 \cdot V_{\Pi} \cdot \alpha - 16,103 \cdot \alpha \cdot s + 7,952 \cdot V_{\Pi} \cdot \alpha \cdot s.$$



Рис. 2 – Проведение исследований в полевых условиях

При анализе функции отклика по влиянию факторов получены следующие значения: при максимальной поступательной скорости $V_{\Pi} = 3,13$ м/с с минимальным углом ввода пробоотборного зонда в почву $\alpha = -15^\circ$ и минимальной площадью поперечного сечения $s = 2,513$ см² усилие заглубления пробоотборного зонда составило 1914 Н; при минимальной скорости $V_{\Pi} = 0,92$ м/с, максимальном угле ввода пробоотборного зонда в почву $\alpha = +15^\circ$ и минимальной площадью поперечного сечения $s = 2,513$ см² усилие снижается до 1540,99 Н; а при минимальной $V_{\Pi} = 3,13$ м/с, минимальном угле ввода пробоотборного зонда в почву $\alpha = -15^\circ$ и максимальной площадью поперечного сечения $s = 2,985$ см² усилие составит 1870,55 Н. Следовательно, на усилие заглубления пробоотборного зонда в почву наибольшее влияние оказывает угол ввода зонда в почву. Влияние других факторов сказывается в меньшей степени.

График зависимости усилия заглубления пробоотборного зонда от поступательной скорости движения и площади поперечного сечения представлен на рис. 3.

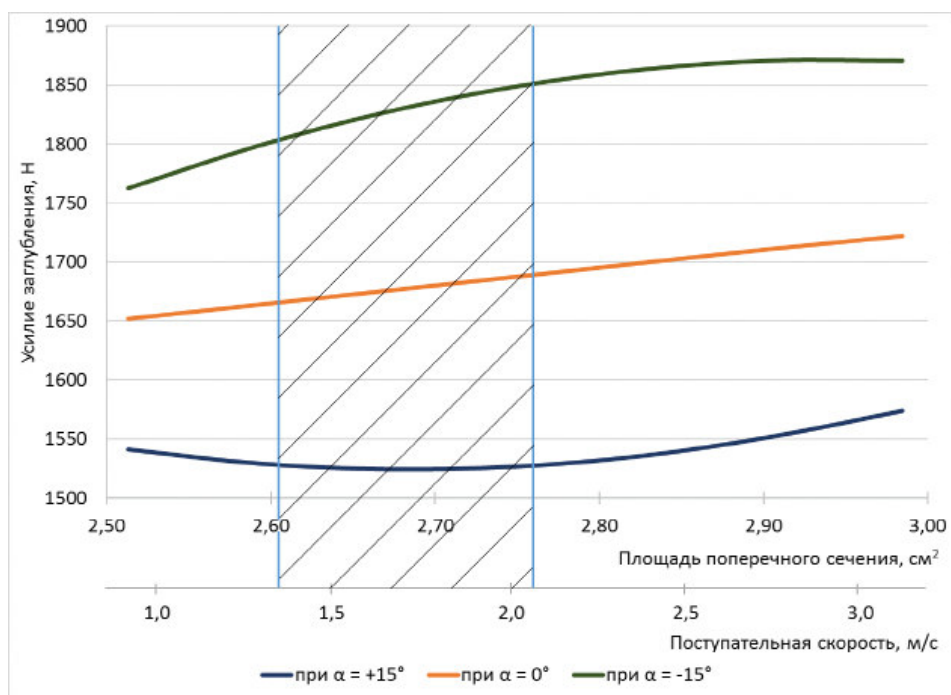


Рис. 3 – График зависимости усилия заглубления пробоотборного зонда от поступательной скорости движения и от площади поперечного сечения зонда

Анализ графика зависимости усилия заглубления пробоотборного зонда от поступательной скорости движения и от площади поперечного сечения зонда показал, что наиболее рациональными параметрами работы пробоотборника являются угол ввода пробоотборного зонда в почву $+15^\circ$, поступательная скорость в диапазоне от 1,4 до 2,07 м/с и площадь поперечного сечения зонда от 2,61 до 2,76 см².

Заключение

Обосновывая параметры пробоотборника почвы барабанного типа, оптимизируемой переменной принято минимальное усилие заглубления рабочего органа пробоотборника.

В результате проведенных экспериментальных исследований было установлено, что из исследуемых параметров ($V_{\text{п}}$, α , s) наибольшее влияние на усилия заглубления оказывает угол заглубления пробоотборного зонда α .

Установлены рациональные конструктивно-технологические параметры работы пробоотборника барабанного типа: угол ввода пробоотборного зонда в почву $+15^\circ$, поступательная скорость в диапазоне от 1,4 до 2,07 м/с и площадь поперечного сечения зонда от 2,61 до 2,76 см².

Список использованных источников

1. Midwest laboratory Soil sampling methods / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://midwestlabs.com/wp-content/uploads/2017/01/soil_sampling.pdf – Дата доступа: 30.09.2019.

УДК 629.331

Поступила в редакцию 08.10.2019
Received 08.10.2019

В. Е. Тарасенко¹, А. С. Сай¹, А. А. Жешко²

¹УО «Белорусский государственный аграрный технический университет,

²РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ВЫЯВЛЕНИЯ ДЕФЕКТОВ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ДЕТАЛЕЙ АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В процессе эксплуатации автотракторных двигателей их детали изнашиваются, изменяется их геометрическая форма, увеличиваются зазоры между парами трения. Износ зависит от множества факторов: условий эксплуатации, своевременного и качественного технического обслуживания, качества эксплуатационных материалов, своевременности обнаружения неисправностей и их предупреждения, квалификации оператора и др. С увеличением срока службы и износа двигателя, его использование становится всё более затратным, возрастают расходы на техническое обслуживание и ремонт, а также на комплектующие материалы. Работа движка со скрытыми неисправностями может привести к аварийному изнашиванию и выходу из строя. Ремонт мотора, получившего повреждения, требует больших капитальных вложений.

Диагностические работы сводятся к последовательному выполнению ряда действий и специальных мероприятий, направленных на подтверждение или опровержение предположений о проявившей себя неисправности и причинах её появления. Важно, чтобы были рассмотрены все возможные причины, была правильно определена очерёдность их рассмотрения (по принципу «от простого – к сложному») и применены наиболее действенные, для конкретного случая, методы диагностирования, что позволит сократить время и затраты, а также исключить ошибки.

Работа неисправного двигателя характеризуется рядом внешних проявлений, выражающихся в изменении цвета выхлопных газов, наличии посторонних шумов и стуков, повышенном расходе эксплуатационных материалов, ухудшении основных рабочих характеристик (мощности, крутящего момента и др.).

Однозначного соответствия внешнего признака и неисправности (дефектов) деталей не наблюдается, поэтому требуется причинно-следственный анализ неисправностей.

Ключевые слова: дефекты деталей, ресурс, двигатель внутреннего сгорания, техническое обслуживание и ремонт, диагностика.

V. E. Tarasenko¹, A. S. Say¹, A. A. Zheshko²

¹UO "Belarusian State Agrarian Technical University,

²RUP "SPC NAS of Belarus on the mechanization of agriculture"

Minsk, Republic of Belarus

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR IDENTIFYING DEFECTS AND FORECASTING THE RESIDUAL RESOURCE OF PARTS FOR AUTOTRACTOR ENGINES

During the operation of automotive engines, their parts wear out, their geometric shape changes, the gaps between the friction pairs increase. The wear depends on many factors: operating conditions, timely and quality maintenance, quality performance materials that are timely fault detection and prevention, skilled operator etc. With longer service life engine, its operation becomes more expensive, increasing costs for maintenance and repair, and operating supplies. Operation of the engine with hidden faults may result in emergency wear and engine failure. Repair of the damaged engine requires large capital investments.

Diagnostic work is reduced to the sequential implementation of a number of actions and special measures aimed at confirming or refuting assumptions about the manifested fault and the causes of its occurrence. It is important that all possible causes have been considered, the order of their consideration has been correctly determined (on the principle of "from simple to complex") and the most effective, for a particular case, methods of diagnosis have been applied, which will reduce time and costs, as well as eliminate errors.

The operation of a faulty engine is characterized by a number of external manifestations, expressed in a change in the color of the exhaust gases, the presence of extraneous noises and knocks, increased consumption of operational materials, deterioration of the main operating characteristics (power, torque, etc.). An unambiguous correspondence of the external feature and the malfunction (defects) of the parts is not observed, so a causal analysis of the irregularities is required.

Keywords: defects of parts, resource, internal combustion engine, maintenance and repair, diagnostics.

Основная часть

Разработка методики выявления дефектов по внешнему их проявлению. Процесс определения технического состояния систем и узлов автотракторных двигателей предполагает реализацию некоторого алгоритма диагностирования, который, в общем случае, состоит из совокупности так называемых элементарных проверок сердца машины, правил, устанавливающих последовательность реализации превентивных мер, и правил анализа результатов последних.

Каждый контроль определяется своим воздействием, подаваемым или поступающим на двигатель, составом систем, узлов и механизмов движка, с которых снимаются ответы на это воздействие. Результатом элементарной проверки являются конкретные значения ответных сигналов. Окончательное заключение о техническом состоянии мотора определяется по совокупности полученных результатов.

Наиболее универсальной моделью объекта диагностирования (двигателя) является представление его в виде «черного ящика», в частности – конечного элемента, входные и выходные параметры которого имеют конечное множество значений. Предполагается, что все возможные состояния двигателя образуют конечное множество состояний [5].

В данном случае мотор является «черным ящиком» не потому, что его внутренняя структура и параметры полностью не известны, а потому что накладывается запрет на доступ к ним и состояние движка можно определять, только исследуя его выходные параметры.

Для представления двигателя в виде «черного ящика» (рис. 1) необходимо задать:

а) множество входных воздействий от условий эксплуатации, режимов движения и внешней среды;

б) множество всех выходных (диагностических, внешних проявлений) параметров;

в) множество всех структурных параметров двигателя, его систем, узлов и механизмов.

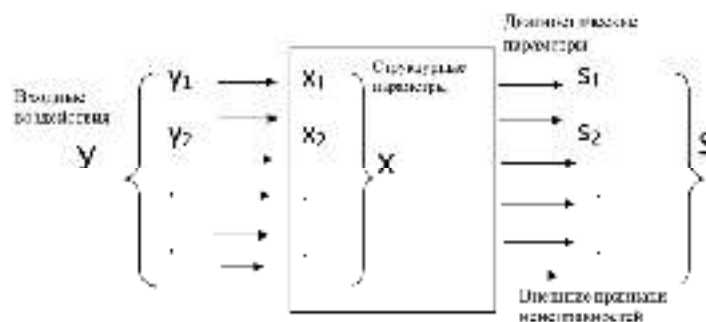


Рис. 1. – Универсальная диагностическая модель автотракторного двигателя.

Задача формулируется по значениям диагностических параметров (внешним признакам неисправностей) $S_1, S_2, \dots, S_n$ и текущим значениям всех структурных параметров $X_1, X_2, \dots, X_m$, если известны функциональные зависимости между каждым диагностическим сигналом и структурными параметрами:

$$\begin{aligned} S_1 &= \varphi_1(X_1, X_2, \dots, X_m) \\ S_2 &= \varphi_2(X_1, X_2, \dots, X_m) \\ &\dots \\ S_n &= \varphi_n(X_1, X_2, \dots, X_m). \end{aligned} \quad (1)$$

Уравнения (1) есть математическая модель объекта диагностирования, имеющего m структурных и n диагностических параметров. Однако практическое использование такой аналитической модели пока ограничено в силу обстоятельств:

- а) вид функций φ для большинства агрегатов и узлов машины пока не установлен;
- б) если функция φ не удовлетворяет условиям непрерывности и дифференцируемости по каждому аргументу, то решение системы наталкивается на большие математические трудности;
- в) многие диагностические параметры в принципе не могут быть выражены в виде аналитических функций.

Наибольшее распространение для взаимосвязи между возможными техническими состояниями (неисправностями) и диагностическими параметрами (внешними признаками) получили диагностические матрицы. Синтез такого рода матриц производится в определённой последовательности:

- составляется полный перечень возможных неисправностей;
- из перечня исключаются редко встречающиеся поломки;
- неисправности отдельных элементов объединяются по технологическим признакам в более крупные;

необходимо бесконечное множество технических состояний мотора заменить конечным множеством технических состояний, каждое из которых связано с определённой неисправностью.

Диагностическая матрица, по сути дела, является формой записи системы уравнений технологического состояния двигателя, его систем, узлов и механизмов.

Каждому столбцу матрицы соответствует определённая неисправность X_i . Каждой i -ой неисправности поставлен в соответствие конкретный внешний признак S_i , принимающий два значения $S_i = 0$ при отсутствии или $S_i = 1$ – при наличии неисправности.

Диагностическая задача формулируется следующим образом:

– по заданным значениям внешнего признака $S_1, S_2, \dots, S_m$, полученным при диагностическом обследовании, определить возможные неисправности $X_1, X_2, \dots, X_n$ в момент проверки матрицы, это можно представить в виде:

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= f_1(S_1, S_2, \dots, S_m) \\ x_2 &= f_2(S_1, S_2, \dots, S_m) \\ x_n &= f_n(S_1, S_2, \dots, S_m) \end{aligned} \right\}. \quad (2)$$

Прогнозирование на основе модели диагностирования двигателя, выраженной в виде диагностической матрицы, состоит из следующих этапов:

путём соответствующих измерений устанавливаются значения всех внешних признаков $S_1, S_2, \dots, S_m$;

значения внешних признаков подставляются в матрицу по условию: 0 – если признак не выявляет неисправность; 1 – выявляет.

Под осуществляемостью прогноза следует понимать получение однозначного ответа о техническом состоянии двигателя в рамках принятых допущений о возможных состояниях при наличии любой комбинации значений внешних признаков. Однако метод построения матрицы не гарантирует того, что выбранная совокупность внешних признаков, входящих в исходную максимальную совокупность и достаточных для распознавания заданных неисправностей, является избыточной.

В качестве критериев оптимальности могут быть: минимальное количество признаков; минимальная трудоемкость диагностирования; максимальная достоверность прогнозирования.

Обобщенная диагностическая матрица определения неисправных систем, узлов и механизмов двигателя представлена в табл.1.

Т а б л и ц а 1. – Обобщенная диагностическая матрица определения неисправных систем, узлов и механизмов двигателя

Неисправные системы, узлы и механизмы двигателя	Внешние признаки неисправностей												
	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9	S_{10}	S_{11}	S_{12}	S_{13}
X_1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
X_2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
X_3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
X_4	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1
X_5	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
X_6	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1
X_7	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1
X_8	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1
X_9	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1

П р и м е ч а н и е: X_1 – износ деталей ЦПГ; X_2 – износ деталей КШМ; X_3 – износ деталей ГРМ; X_4 – повреждение прокладки; X_5 – повреждение прокладки впускного трубопровода; X_6 – неисправности системы питания; X_7 – неисправности системы смазки; X_8 – неисправности системы охлаждения; X_9 – неисправности системы зажигания. S_1 – падение мощности; S_2 – уменьшение крутящего момента; S_3 – повышение расхода топлива; S_4 – повышение уровня и изменение характера шума ДВС; S_5 – изменение химического состава и цвета ОГ; S_6 – изменение количества и давления газов, прорывающихся в картер; S_7 – изменение давления газов в цилиндре в конце такта сжатия; S_8 – изменение величины утечки воздуха из цилиндров; S_9 – изменение разряжения во впускном трубопроводе; S_{10} – изменение давления в масляной магистрали; S_{11} – изменение объема подаваемого топлива; S_{12} – изменение давления или разряжения в системе питания; S_{13} – перегрев двигателя.

Оптимизация диагностической матрицы осуществляется в пять этапов.

1) На первом этапе в исходной матрице проверяют выполнение условия различности неисправностей. При невыполнении условия различности все строки с одинаковыми комбинациями 1 и 0. Затем, в каждой группе, оставляется одна любая строка.

2) На втором этапе множество внешних признаков исходной матрицы разбивают на группы, включая столбцы с одинаковыми комбинациями 0 и 1. В каждой группе оставляется один столбец, остальные вычеркиваются. В примере: 2 группы (S_1, S_2, S_5 и S_{11}, S_{12}). Оставляем два столбца S_1 и S_{11} .

3) На третьем этапе выявляют внешние признаки, которые имеют во всех строках 1, они не несут какой-либо информации и могут быть вычеркнуты (S_4).

4) На четвертом этапе записывают выражения для всех неисправностей, т. е. все внешние признаки, которые их различают:

$$\begin{aligned}
X_1 &= S_1 S_3 S_6 S_7 S_8 S_9 S_{10}, & X_2 &= S_{10}, & X_3 &= S_1 S_3 S_6 S_7 S_8 S_9 S_{10} S_{13}, \\
X_4 &= S_1 S_3 S_7 S_8 S_9 S_{13}, & X_5 &= S_1 S_3 S_9, & X_6 &= S_1 S_3 S_7 S_8 S_9 S_{11} S_{13}, & X_7 &= S_3 S_9 S_{13}, \\
X_8 &= S_1 S_3 S_{10} S_{13}, & X_9 &= S_1 S_3 S_7 S_9 S_{13}.
\end{aligned}$$

Объект работоспособен только тогда, когда отсутствуют все возможные неисправности, т.е. функцию работоспособности получаем, используя теорему булевой алгебры $A = A + AB$.

5) На пятом этапе определяются функции различимости:

$$\begin{aligned}
f_{1,2} &= S_1 S_3 S_6 S_7 S_8 S_9, & f_{1,3} &= S_{13}, & f_{1,4} &= S_6 S_{10} S_{13}, \\
f_{1,5} &= S_6 S_7 S_8 S_{10}, & f_{1,6} &= S_6 S_7 S_8 S_{10} S_{11} S_{13}, & f_{1,7} &= S_1 S_6 S_7 S_8 S_9 S_{13}, \\
f_{1,8} &= S_6 S_7 S_8 S_9 S_{13}, & f_{1,9} &= S_6 S_8 S_{10} S_{13}.
\end{aligned}$$

Признак определяется логическим сложением столбцов. Например, если S_1 для неисправностей X_1 и X_2 равен 1,1 или 0,0, то он отбрасывается, а если 0 и 1, то остается и записывается в функцию.

Если множества чисел M_p и M_q , образующие любые две строки p и q удовлетворяют условию $M_p \square M_q$, то строка q удаляется, т. е. в выше указанной функции остается только $f_{1,3} = S_{13}$.

Для приведенного примера остается только шесть функций $f_{3,4} = S_6 S_{10}$:

$$f_{4,9} = S_{11}; f_{6,9} = S_{11}; f_{7,8} = S_{11}; f_{8,9} = S_7 S_9 S_{10}.$$

Для определения локализирующих множеств найдем нулевое произведение функций:

$$\begin{aligned}
F &= S_1 S_8 S_{11} S_{13} (S_6 + S_{10}) (S_7 + S_9 + S_{10}) = S_1 S_8 S_{11} S_{13} [S_{10} + S_6 (S_7 + S_9)] = \\
&= S_1 S_8 S_{11} S_{13} S_{10} + S_1 S_8 S_{11} S_{13} S_6 S_7 + S_1 S_8 S_{11} S_{13} S_6 S_9.
\end{aligned} \tag{3}$$

Приведенную методику можно использовать не только для выявления неисправных систем, узлов и механизмов двигателя, но и для выявления неисправных деталей внутри системы со своим набором внешних признаков. Анализ таких диагностических матриц представляет трудоемкую задачу, поэтому необходимо разработать программу причинно-следственного анализа внешних признаков с одной стороны и дефектов деталей, с другой стороны.

Для нашего случая задача состоит в том, чтобы по дефектам детали (например, поршня двигателя) установить взаимосвязь между сопряженными комплектующими и их возможными неисправностями (дефектами) с одной стороны, и с другой – параметрами функционирования сборочной единицы (например, двигатель) в целом.

Рассмотрение наиболее часто встречающихся повреждений деталей двигателей осуществлено в рамках выполнения 3-го этапа ГПНИ по теме «Разработка методики комплексного диагностирования дизельных двигателей, узлов и агрегатов для определения их остаточного ресурса, обеспечения долговечности, безотказности и экономичности». При этом изучены: абразивный износ деталей двигателя из-за попадания загрязнений; последствия попадания топлива в моторное масло; повышенный расход масла; сквозной прожиг днища поршня двигателя; разрушение перемычки поршневых колец; трещины на днище поршня; задир поршня (только на участке юбки поршня); задир поршня в диагональном направлении рядом с отверстием для поршневого пальца; несимметричное пятно контакта на юбке поршня; задир только на нижнем участке юбки поршня; сильный износ юбки поршня с шершавой и матовой поверхностью; одностороннее широкое заполированное пятно контакта и борозды на юбке поршня; сильный износ канавок поршневых колец и самих поршневых колец; раковины на внешней стенке гильз цилиндров (кавитация).

Причиной дефектов деталей ЦПГ служат неисправности других систем и узлов двигателя. Не видя этой взаимосвязи невозможно провести качественный ремонт, даже используя для замены новые или отремонтированные комплектующие. Здесь можно использовать диагностические матрицы для прослеживания причинно-следственных связей.

Рассмотрим построение модели (табл. 2) на примере одного из дефектов поршня двигателя (сквозной прожиг днища поршня – X_1), при котором присутствовало описание дефектов сопряженных деталей (отложение нагара на распылителе форсунки – V_1 , выход из строя охлаждающей форсунки – V_2 , засорение масляных каналов – V_3) и др.).

Оптимизация матрицы взаимодействия дефектов: На первом этапе в исходной матрице проверяют выполнение условия различности дефектов. При невыполнении условия различности определяют все строки с одинаковыми комбинациями 1 и 0. Затем в каждой группе остается одна строка.

На втором этапе множество дефектов сопряженных деталей исходной матрицы разбивают на группы, включая столбцы с одинаковыми комбинациями 0 и 1. В каждой группе оставляется один столбец.

На третьем этапе выявляют дефекты взаимосвязанных деталей, которые имеют во всех строках 1 или 0, они не несут какой-либо информации и могут быть вычеркнуты (табл. 2).

Т а б л и ц а 2. – Обобщенная матрица взаимодействия дефектов ЦПГ и взаимосвязанных с ними деталей, систем двигателя

Дефекты ЦПГ двигателя	Дефекты взаимосвязанных деталей																		
	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6	Y_7	Y_8	Y_9	Y_{10}	Y_{11}	Y_{12}	Y_{13}	Y_{14}	Y_{15}	Y_{16}	Y_{17}	Y_{18}	Y_{19}
X_1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X_2	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X_3	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X_4	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X_5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
X_6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
X_7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
X_8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X_9	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
X_{10}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
X_{11}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
X_{12}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
X_{13}	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X_{14}	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
X_{15}	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Дефекты поршня: X_1 – абразивный износ на поршне, проявляющийся в образовании глубоких борозд в продольном направлении; X_2 – широкое пятно контакта и борозды на юбке поршня; X_3 – борозды и подгоревшие участки на поршневых кольцах, борозды и задиры на поверхности цилиндра; X_4 – точечная коррозия в отверстии для поршневого пальца; X_5 – сквозной прожиг днища поршня; X_6 – разрушение перемычки поршневых колец; X_7 – трещины на днище поршня; X_8 – задиры поршня (только на участке юбки поршня); X_9 – односторонний задиры на юбке поршня; X_{10} – задиры поршня в диагональном направлении рядом с отверстием для поршневого пальца; X_{11} – несимметричное пятно контакта на юбке поршня; X_{12} – задиры только на нижнем участке юбки поршня; X_{13} – сильный износ юбки поршня с шершавой и матовой поверхностью; X_{14} – одностороннее широкое заполированное пятно контакта и борозды на юбке поршня; X_{15} – сильный износ канавок поршневых колец и самих поршневых колец.

Дефекты взаимосвязанных деталей: Y_1 – негерметичность системы впуска; Y_2 – выход из строя воздушного фильтра; Y_3 – загрязнение каналов системы смазки (несвоевременная замена масла); Y_4 – попадание топлива в моторное масло; Y_5 – ухудшение распыла топлива форсунками; Y_6 – низкое давление сжатия (негерметичность клапанов, прокладки головки блока, изменение фаз газораспределения); Y_7 – высокое давление наддува; Y_8 – высокая температура воздуха на впуске; Y_9 – повышенный расход масла; Y_{10} – местный перегрев двигателя (неисправность термостата, привода вентилятора); Y_{11} – выход из строя форсунок охлаждения поршней; Y_{12} – низкое октановое число топлива, свечей зажигания; Y_{13} – зависание иглы форсунки; Y_{14} – низкая температура воздуха на впуске; Y_{15} – богатая топливная смесь; Y_{16} – низкий уровень масла; Y_{17} – неисправности КШМ (монтажный зазор поршневого пальца, деформация шатуна, неравномерный износ шеек коленчатого вала, неправильная затяжка болтов); Y_{18} – закоксовывание поршневых канавок; Y_{19} – нарушение посадки гильзы цилиндров.

На четвертом этапе записывают выражения для взаимосвязи всех дефектов:

$X_1 = Y_1 Y_3$ (наряду с дефектом X_1 , аналогичную зависимость имеют дефекты X_{13}, X_{15});

$X_2 = Y_4 Y_5 Y_6$; $X_5 = Y_3 Y_{10} Y_{11} Y_{12}$; $X_6 = Y_6 Y_{12}$; $X_7 = Y_{10} Y_{11} Y_{15}$; $X_8 = Y_{10}$;

$X_9 = Y_3 Y_4 Y_{11} Y_{16}$; $X_{10} = Y_{17}$; $X_{12} = Y_{19}$; $X_{14} = Y_4 Y_6 Y_{15}$.

Результаты оптимизации по дефектам взаимосвязанных деталей двигателя представлены в табл. 3.

Т а б л и ц а 3. – Результаты оптимизации по дефектам взаимосвязанных деталей двигателя.

Дефекты ЦПГ двигателя	Дефекты взаимосвязанных деталей																	
	Y_1	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6	Y_7	Y_8	Y_9	Y_{10}	Y_{11}	Y_{12}	Y_{13}	Y_{14}	Y_{15}	Y_{16}	Y_{17}	Y_{18}	Y_{19}
X_1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X_2	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X_5	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
X_6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
X_7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
X_8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X_9	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
X_{10}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
X_{12}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
X_{14}	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

Объект работоспособен только тогда, когда отсутствуют все возможные неисправности, т.е. функция различимости дефектов:

$$F_p = X_1 \vee X_2 \vee \dots \vee X_{14}. \quad (4)$$

На пятом этапе определяются функции различимости $f_{i,k}$:

$f_{12} = Y_1 Y_3 Y_4 Y_5 Y_6$; Это означает что дефекты X_1 и X_2 базовой детали происходят по причине отказов взаимосвязанных деталей Y_1, Y_3, Y_4, Y_5 и Y_6 , они косвенно на это указывают. Аналогично:

$$f_{16} = Y_1 Y_{10} Y_{11} Y_{12}; \quad f_{17} = Y_1 Y_3 Y_{10} Y_{11}; \quad f_{18} = Y_1 Y_3 Y_{10}; \quad f_{19} = Y_1 Y_4 Y_{11} Y_{16};$$

$$f_{110} = Y_1 Y_3 Y_{17}; \quad f_{112} = Y_1 Y_3 Y_{19}; \quad f_{14} = Y_1 Y_3 Y_4 Y_6 Y_{15}.$$

Построение функции основано на том, что если признак Y_i для X_1 и X_2 равен 1,1 или 0,0, то он отбрасывается, если 0 и 1, то остается и записывается в функцию.

Предложенная методика, по мере накопления информационной базы описания дефектов деталей и причин их возникновения, позволяет повысить надежность работы машин за счет прогнозирования и своевременного устранения причин их возникновения, что особенно важно при текущем ремонте машин.

Прогнозирование остаточного ресурса деталей автотракторных двигателей. Перспективным является метод прогнозирования остаточного ресурса машин по тенденции (тренду) изменения их технического состояния [6, 7].

Характер изменения параметра технического состояния $U(t_k)$ после наработки t_k в общем виде выражается следующей зависимостью:

$$U(t_k) = V_C t_k^\alpha, \quad (5)$$

где V_C – коэффициент, характеризующий скорость изменения параметра; α – показатель степени изменения параметра технического состояния.

Показатель степени α определяется заранее, на основе полученных в реальных условиях эксплуатации статистических данных о закономерностях изменения параметров технического состояния в зависимости от наработки.

При $\alpha > 1$ и $\alpha < 1$ зависимость значений параметров технического состояния составных частей машин от наработки носит криволинейный характер, причем в первом случае ($\alpha > 1$) кривая обращена выпуклостью вниз, во втором ($\alpha < 1$) – вверх. При $\alpha = 1$ указанная зависимость имеет линейный вид. Экспериментально были получены ориентировочные значения для некоторых параметров технического состояния.

Предельные значения параметров технического состояния составных частей машин $\Pi_{\text{пр}}$ рассчитывают заранее с учетом критерия безопасности работы $\Pi_{\text{пб}}$, способности выполнять рабочие функции в течение заданной наработки $\Pi_{\text{пн}}$, минимальных удельных издержек на эксплуатацию $\Pi_{\text{пз}}$ и технологического критерия $\Pi_{\text{пт}}$ (например, по началу форсированного износа).

Предельные значения параметров зависят от конкретных условий работы машины и их составных частей, и, как следствие этого, применяются только для таких подобных критериев эксплуатации. Это затрудняет разработку единой методики определения предельных значений параметров технического состояния машин, а также их составных частей. Проблема в разработке еще и в том, что для оценки надежности сложной машины, необходимо одновременно устанавливать предельное значение всех тех параметров составных частей, от которых зависит работоспособность машины в целом.

Предельные значения параметров технического состояния составных частей машин устанавливают приближенно, по аналогии с ранее выпущенными машинами расчетным, экспериментальным или расчетно-экспериментальным способами.

Предельное изменение параметра технического состояния $U_{\text{пр}}$ и изменение параметра $U(t_k)$ после наработки t_k находят в зависимости от характера изменения параметра опции сборочной единицы. Если значение параметра с ростом наработки увеличивается, то:

$$U_{\text{пр}} = \Pi_{\text{пр}} - \Pi_{\text{н}}; U(t_k) = \Pi(t_k) - \Pi_{\text{н}}. \quad (6)$$

В тех случаях, когда значение параметра с ростом наработки уменьшается, то:

$$U_{\text{пр}} = \Pi_{\text{н}} - \Pi_{\text{пр}}; U(t_k) = \Pi_{\text{н}} - \Pi(t_k). \quad (7)$$

Техническое состояние сборочных единиц машин прогнозируют по фактическим данным изменения показателей надежности составных частей конкретной машины и среднестатистическим методом.

Методика определения остаточного ресурса зависит от характера изменения параметра технического состояния в функции наработки и ряда других факторов. Прогнозирование по фактическому изменению параметров технического состояния составных частей машин содержит как положительные, так и отрицательные стороны. Плюсом этого метода является то, что он позволяет более полно использовать ресурс комплектующих деталей. К недостаткам относят трудности, связанные с учетом измеряемых параметров и обработкой результатов измерения.

Поэтому указанный метод диагностирования рекомендуется применять для таких составных частей, срок безотказной работы которых определяет межремонтный ресурс сборочной единицы или машины в целом (кривошипно-шатунный механизм дизеля, шестерни и подшипники ходового механизма и трансмиссии и др.).

Среднестатистическое прогнозирование основано на разработке и внедрении единых допустимых значений параметров технического состояния, а также единой периодичности обслуживания для одноименных составных частей однотипных машин. Сущность этого метода заключается в сопоставлении результатов замера значений параметров технического состояния составных частей сборочных единиц с допустимыми или предельными значениями. При этом для мастера-диагноста, допустимые показатели качественного состояния комплектующих деталей являются инструктивными и позволяют делать общее заключение о состоянии объекта диагностирования, не проводя никаких расчетов. Так, если измеренное значение параметра больше допустимого или равно предельному значению, то объект подлежит обслуживанию или ремонту. Если же измеренное значение меньше допустимого или равно ему, то объект не требует никаких воздействий до очередной проверки.

Для среднестатистического прогнозирования характерно то, что ресурс параметра технического состояния составных частей машин используется полностью только в том случае, если к моменту контроля он достигает предельных значений. В остальных случаях имеет место недоиспользование ресурса или отказ. Последнее служит существенным недостатком среднестатистического прогнозирования. Однако относительная простота и доступность этого метода делают его весьма распространенным.

Заключение

Разработана математическая модель, описывающая взаимосвязь между возможными состояниями автотракторных двигателей и внешними признаками. Анализ причинно-следственных связей осуществляется на основе диагностических матриц, позволяющих выявлять цепь многочисленных взаимосвязей между внешним (диагностическим) признаком, причинами и неисправными системами двигателя, дефектами деталей. При дефектации деталей, диагностическая матрица позволяет прогнозировать техническое состояние сопряженных деталей сборочной единицы, без чего невозможно обеспечить высокое качество ремонта. По мере накопления информационной базы описания дефектов деталей и причин их возникновения повышается достоверность технического прогноза, методика позволяет повысить надежность работы машин за счет прогнозирования и своевременного устранения причин возникновения неисправностей.

Список использованных источников

1. Северный, А. Э. Руководство по техническому диагностированию при техническом обслуживании и ремонте тракторов и сельскохозяйственных машин / А. Э. Северный, Д. С. Буклагин, В. М. Михлин [и др.]. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2001. – 252 с.
2. Система технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственных машин по результатам диагностирования. – М.: Инфоагротех, 1995. – 64 с.
3. Петров, А. Д. Техническое диагностирование автомобилей: Учеб. пособие для сред. сел. проф.-техн. училищ. – М.: Высш. Школа, 1979. – 45 с.
4. ГОСТ 23435-79 Техническая диагностика. Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Номенклатура диагностических параметров. М., 1979. – 8 с. Дата последнего изменения 12.09.2018.
5. Савич, Е. Л. Техническая эксплуатация автомобилей: учебное пособие в 3 ч. Ч.1 Теоретические основы технической эксплуатации / Е. Л. Савич, А. С. Сай. – Мн., Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2015. – 427 с.
6. Баженов, Ю. Прогнозирование остаточного ресурса конструктивных элементов автомобилей в условиях эксплуатации / Ю. В. Баженов, М. Ю. Баженов // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 4. – С. 16–21.
7. РД 26.260.004-91 Прогнозирование остаточного ресурса оборудования по изменению параметров его технического состояния при эксплуатации. – М., 1991. – 98 с.
8. Способ определения остаточного ресурса двигателя внутреннего сгорания: а. с. 1682853 СССР, МКИ5 G 01 M 15/00 / Е. Н. Андрусенко. – № 972297; заявл. 22.05.89; опубл. 07.10.91 // Открытия. Изобрет. – 1991. – № 37.
9. Дунаев, А. В. Выбор методов и средств диагностирования цилиндропоршневой группы автотракторных двигателей / А. В. Дунаев // Техника в сельском хозяйстве, 2007. – № 6. – С. 25–28.
10. Способ определения остаточного ресурса цилиндропоршневой группы двигателя внутреннего сгорания: пат. № 2479830 и № 2479831 Рос. Федерация: МПК G01M15/04 (2014.08) / Черноиванов В. И., Дунаев А. В., заявитель и патентообладатель ГОСНИТИ. – № 2011117414/06 и № 2011117415/06; заявл. 04.05.2011; опубл. 20.04.2013. – 8 с.

УДК 631.363

Поступила в редакцию 20.09.2019
Received 20.09.2019

Н. А. Воробьев, С. А. Дрозд

БГАТУ

г. Минск, Республика Беларусь

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗРУШЕНИЯ ЗЕРНА ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

В статье представлены результаты экспериментального исследования по разрушению зерна при динамическом воздействии. Получены уравнения регрессии описывающие зависимость степени деформации зерновки от скорости и силы воздействия на нее. На основании полученных уравнений построены и проанализированы графические зависимости, показывающие влияние силы и скорости на степень деформации зерна, анализ которых позволил сделать вывод о том, что скорость воздействия на зерновку оказывают существенное воздействие на степень деформации зерновки. В процессе исследования установлено, что при динамическом разрушении зерновки сила сжатия для всех видов исследуемого зерна ниже, чем при статическом разрушении.

Ключевые слова: зерно, разрушение, динамическое воздействие, регрессионный анализ.

EXPERIMENTAL STUDY OF GRAIN DESTRUCTION DURING DYNAMIC INFLUENCE

The article presents the results of an experimental study on the destruction of grain under dynamic impact. The regression equations are obtained that describe the dependence of the degree of deformation of the caryopsis on the speed and force of action on it. Based on the obtained equations, graphical dependencies are constructed and analyzed, showing the influence of force and speed on the degree of grain deformation, the analysis of which allowed us to conclude that the speed of action on the grain has a significant effect on the degree of deformation of the grain. During the study, it was found that with dynamic destruction of the grain, the compression force for all types of the studied grain is lower than with static destruction.

Keywords: grain, destruction, dynamic impact, regression analysis.

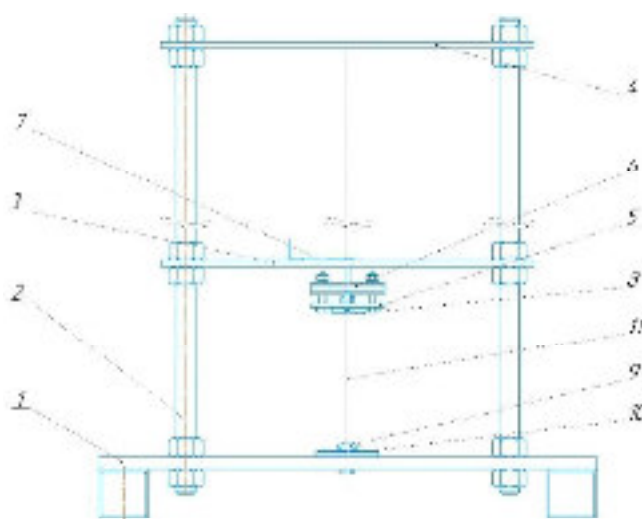
Введение

Важнейшей технологической операцией производства комбикорма является измельчение зерна [1,2]. Применяемые в настоящее время технические средства для измельчения фуража имеют: высокие удельные энергозатраты, низкий процент содержания требуемой фракции в измельченном виде, невысокую производительность измельчающего оборудования [3].

Разрушение зерна происходит за счет статического и динамического воздействия рабочих органов технических средств для измельчения. Нами был исследован процесс разрушения фуражной массы при динамическом воздействии.

Основная часть

Для получения достоверных данных о деформации различных зерновых культур при динамическом воздействии был разработан и изготовлен стенд (см. рис. 1).



а

б

1 – основание; 2 – стойка; 3 – рабочая пластина; 4 – верхняя пластина; 5 – платформа; 6 – груз;
7 – спусковой механизм; 8 – боек; 9 – исследуемое зерно; 10 – предметный столик; 11 – направляющая леска
Рис. 1. – Схема (а) и внешний вид (б) стенда для исследования деформации зерна при динамическом воздействии

Задача исследования заключается в установлении зависимости степени деформации зерна от скорости и силы воздействия при динамическом разрушении.

Принцип работы стенда заключается в сбрасывании платформы 5 с различной массой груза 6 и с различной высоты при помощи спускового механизма 7, которая движется по направляющей

леске 11 и совершает динамический удар бойком 8 по исследуемому зерну 9, расположенному на предметном столике 10, что приводит к его разрушению.

Скорость (v) и сила (F), с которой груз оказывает деформирующее воздействие на зерно, без учета сопротивления воздуха, определяются по следующим зависимостям:

$$v = \sqrt{2gh}, \text{ м/с}, \quad (1)$$

$$F = mg, \text{ Н}, \quad (2)$$

где h – высота, на которой находится сбрасываемый груз, м;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

m – масса сбрасываемого груза, кг.

Степень деформации зерна рассчитывается по формуле

$$\varepsilon = \frac{l_n - l_k}{l_n}, \quad (3)$$

где l_n – начальный линейный размер зерна до оказания динамического воздействия, м;

l_k – конечный линейный размер зерна после оказания динамического воздействия, м.

Использование стенда позволило осуществить исследование зависимости степени деформации зерна ε от силы F и скорости воздействия v при динамическом сжатии (см. табл. 1)

$$\varepsilon = f(F, v). \quad (4)$$

Т а б л и ц а 1. – Значения факторов в кодированном и натуральном виде

Факторы	Обозначение	Интервал варьирования	Уровни факторов		
			–1	0	+1
Скорость удара, м/с	X_1	1,0	0,4	1,4	2,4
Сила удара, Н	X_2	2	3	5	7

Исследования влияния скорости и силы на степень деформации зерна проведены на зернах ячменя, пшеницы, тритикале, овса с влажностью 14% с числом дублей в каждом опыте равным четырем.

Обработка экспериментальных данных позволила получить адекватные регрессионные уравнения для различных видов зерна [4]:

$$\text{– ячменя} \quad y_1 = 40,24 + 31,56X_1 + 4,62X_2 - 11,0X_1^2; \quad (5)$$

$$\text{– пшеницы} \quad y_2 = 53,51 + 21,13X_1 + 4,97X_2 - 11,1X_1^2; \quad (6)$$

$$\text{– тритикале} \quad y_3 = 50,01 + 27,18X_1 + 5,73X_2 - 6,3X_1X_2 - 11,8X_1^2 - 5,2X_2^2; \quad (7)$$

$$\text{– овса} \quad y_4 = 46,58 + 27,46X_1 + 6,74X_2 - 4,2X_1X_2 - 4,7X_1^2. \quad (8)$$

На основании полученных уравнений построены поверхности отклика (см. рис. 2–5), характеризующие зависимость степень деформации зерна ε от значимых факторов: силы F воздействия и скорости воздействия v .

С целью получения различных степеней деформации зерна определим необходимые при этом значения скорости деформации и силы при помощи полученных уравнений 5–8. Целевая функция в данном случае выступает степень деформации зерна, изменяемая в диапазоне от 40 % до 90 % с шагом 10%. Получены значения необходимой скорости деформации и силы воздействия для зерна ячменя и пшеницы сведен в табл. 2.

Анализ полученного уравнения 5 показывает, что при деформации зерна ячменя с увеличением скорости с 0,9 до 2,4 м/с степень деформации увеличивается с 20% до 76% при нагрузке 3Н (для сравнения: при статическом сжатии для достижения деформации 70 % необходимо

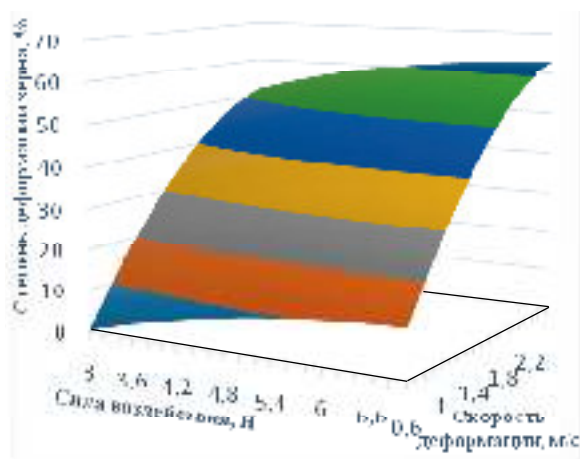


Рис. 2 – Зависимость степени деформации зерна от скорости и силы воздействия для ячменя

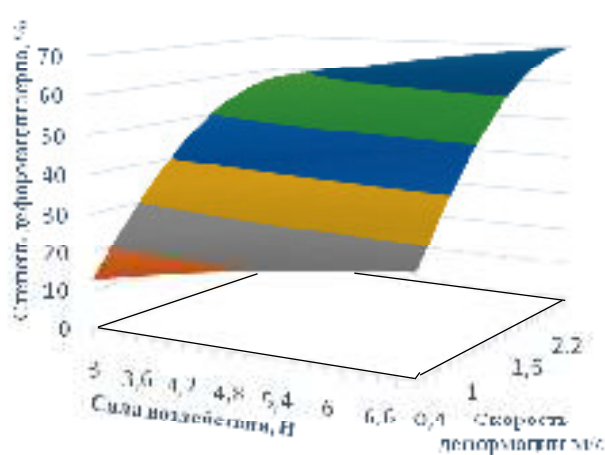


Рис. 3 – Зависимость степени деформации зерна от скорости и силы воздействия для пшеницы

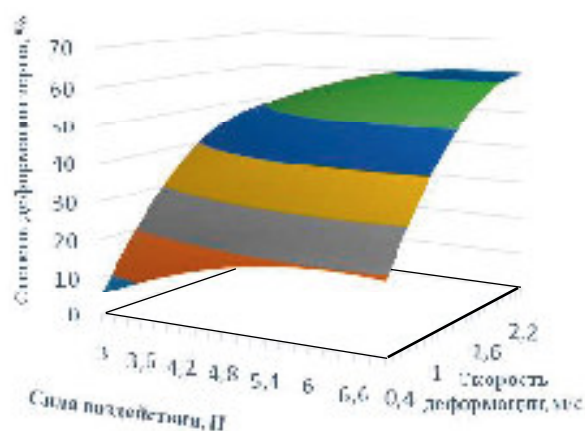


Рис. 4 – Зависимость степени деформации зерна от скорости и силы воздействия для тритикале

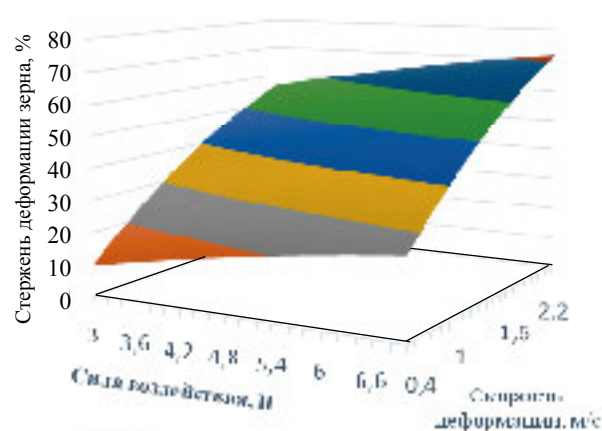


Рис. 5 – Зависимость степени деформации зерна от скорости и силы воздействия для овса

Т а б л и ц а 2. – Значение скорости деформации и силы воздействия при различной степени деформации

Степень деформации	Ячмень		Пшеница	
	v , м/с	F , Н	v , м/с	F , Н
90%	2,4	7,0	2,4	7,0
80%	2,2	6,9	2,1	7,0
70%	2,0	6,9	1,8	7,0
60%	1,8	6,7	1,5	7,0
50%	1,6	6,3	1,4	3,4
40%	1,4	5,2	0,7	3,4

оказать на зерно нагрузку, равную 870 Н [5]). Увеличение нагрузки при динамическом воздействии с 3 до 7 Н при скорости 2,4 м/с способствует повышению степени деформации зерна с 76% до 90%. Дальнейшее увеличение скорости и силы воздействия нецелесообразно, т. к. необходимая степень деформации достигается при скорости 2,4 м/с и усилии 7 Н.

Анализ полученных уравнений 6–8 показывает, что на зернах пшеницы, тритикале, овса прослеживается аналогичная тенденция деформации как на зернах ячменя.

Заключение

Проведено экспериментальное исследование по разрушению зерна при динамическом воздействии. Получены уравнения регрессии описывающие зависимость степени деформации зерновки от скорости и силы воздействия на нее. На основании полученных уравнений построены

и проанализированы графические зависимости, показывающие влияние силы и скорости на степень деформации зерна, анализ которых позволил сделать вывод о том, что скорость воздействия на зерновку оказывают существенное воздействие на степень деформации фуража.

В процессе исследования разрушения семени при динамическом сжатии определено, что увеличение скорости воздействия при деформации зерна позволяет существенно снизить силу воздействия. Это факт позволяет сделать вывод о том, что необходимо увеличивать скорость деформации зерна в технологическом оборудовании, применяемом для его измельчения. Получены значения скорости воздействия для обеспечения различной степени деформации, которые могут быть использованы при создании и модернизации оборудования для измельчения фуража.

Список использованных источников

1. Шило, И. Н. Ресурсосберегающие технологии сельскохозяйственного производства: монография / И. Н. Шило, В. Н. Дашков. – Минск : БГАТУ, 2003. – 183 с.
2. Афанасьев, В. А. Руководство по технологии комбикормовой продукции с основами кормления животных / В. А. Афанасьев [и др.]. – Воронеж: ОАО «Всероссийский научно-исследовательский институт». – 2007. – 389 с.
3. Дашков, В. Н. Совершенствование технических средств для измельчения фуражного зерна / В. Н. Дашков, Н. А. Воробьев, С. А. Дрозд // Агропанорама. – 2013. – № 5. – С. 23–28.
4. Леонов, А. Н. Основы научных исследований и моделирования: учебно-методический комплекс / А. Н. Леонов, М. М. Дечко, В. Б. Ловкис. – Минск : БГАТУ, 2010. – 276 с.
5. Дрозд, С. А. Исследование разрушения зерна при статическом сжатии / С.А. Дрозд // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2016. – Вып. 50. – С. 36–40.

УДК 631.316(476)

Поступила в редакцию 11.10.2019

Received 11.10.2019

А. И. Филиппов¹, Э. В. Заяц¹, А. А. Аутко¹, Н. Д. Лепешкин², В. П. Чеботарев³

¹УО «Гродненский государственный аграрный университет»,

г. Гродно, Республика Беларусь

²РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,

г. Минск, Республика Беларусь

³УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,

г. Минск, Республика Беларусь

РАЗРАБОТКА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОБЪЁМНОГО ВНЕСЕНИЯ РАБОЧИХ РАСТВОРОВ

В данной статье приводятся технические и конструктивные параметры разработанного и предложенного нами оборудования для объёмного внесения рабочих растворов. Данное оборудование рекомендуется для использования:

в составе культиватора при междурядной обработке или в качестве отдельной сельскохозяйственной машины при возделывании картофеля;

борьбе с колорадским жуком, другими вредителями и болезнями растений, которые находятся в основном на нижней части листьев;

качественной обработки картофельного куста биологическими препаратами, подкормки жидкими минеральными удобрениями, а это одна из актуальных задач при возделывании экологически чистого картофеля.

Ключевые слова: оборудование, объёмное внесение, гряды, картофель, растения, агрегат, рабочие органы, обработка, экологическое земледелие.

DEVELOPMENT OF EQUIPMENT FOR VOLUMETRIC APPLICATION OF 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, обладающие возможностью полного механического уничтожения сорной растительности, а для повышения действия биопрепаратов и растворимых микроудобрений, и устройство для нанесения рабочих растворов объемным способом, обеспечивающим одновременную обработку препаратами нижнюю и верхнюю часть листьев [1, 2, 3].

Основная часть

При производстве картофеля широко применяются штанговые опрыскиватели. Однако при их применении для внесения рабочих растворов биологических препаратов или минеральных удобрений обрабатывается в основном верхняя часть листьев картофеля, в то время как нижняя часть листьев обладает лучшей адсорбирующей способностью. При опрыскивании картофеля применение нашли различные типы распылителей, однако при подобной обработке растений, остро стоят вопросы неравномерного распределения растворов препаратов по обрабатываемой поверхности, так как они крепятся в узлах распыла направленными сверху вниз и неподвижно закреплены на штанге.

Задачей данных исследований является создание оборудования для объемного внесения рабочих растворов, позволяющего проводить полную объемную обработку растений картофеля со всех сторон и особенно внутри куста.

В основе данных разработок лежит создание многовекторного узла распыла, позволяющего проводить полную объемную обработку растений картофеля со всех сторон, а особенно внутри куста. Это позволит максимально уничтожать колорадского жука, других вредителей наряду с болезнями растений, возбудители которых, могут сохраняться на нижней части листьев, если обработку проводить только с верхней его части и существующими на данный момент узлами распыла, применяемыми на типовых опрыскивателях [4, 5, 6].

Оборудование для внесения рабочих растворов включает (рис. 1) раму с навеской 1, раму для ёмкости 2, ёмкость 3, диафрагменный насос 4, промываемый фильтр 5, перекрытие резервуара 6, разгрузочный клапан 7, дроссельный клапан 8, электрически регулируемый клапан 9, расходомер 10, перепускная линия 11, линия смешивания 12, линия подачи раствора к распылителю 13, линия разводки 14, шток 15 с распылителем 16, расположенной в нижней части устройства, шток 17 с распылителями, расположенной в верхней части устройства, стойка 19 со щитком 20, опоры 21 [7, 8].

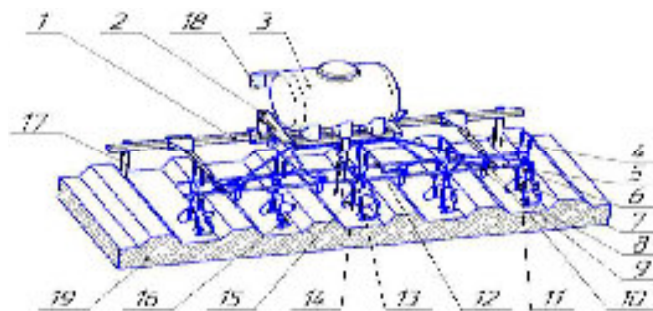


Рис. 1. Оборудование для объемного внесения рабочих растворов

Оборудование для внесения рабочих растворов работает следующим образом: ёмкость 3 заполняется раствором биопрепаратов, через компьютерную систему осуществляется дозированная подача посредством трубопроводов к *распылителям* 10, имеющих направление вниз, установленных в верхней части устройства на стойках, с одновременным осуществлением подачи к *распылителям* 9, установленных на *стойке* 6, которые направлены вверх и расположены за щитками. В результате происходит одновременная обработка листовая поверхность растений сверху и снизу, т. е. осуществляется объемное опрыскивание растений [9, 10, 11].

Результаты исследований

В результате исследований были определены технические и конструктивные параметры оборудования, а также выявлены некоторые результаты внесения данным оборудованием рабочих растворов.

Технические и конструктивные параметры оборудования для внесения рабочих растворов

тип.....	навесной,
рама должна быть совмещена с навеской	
габаритные размеры, мм	
длина, мм.....	1500
ширина, мм.....	2800
высота, мм.....	2000
масса, кг.....	не более 250
количество распылителей, шт.....	12;

распылители должны иметь возможность поворота в горизонтальном и вертикальном направлении;

распылители должны быть закреплены на штоках с возможностью передвижения в вертикальном положении;

к раме должны быть установлены опорные стойки.

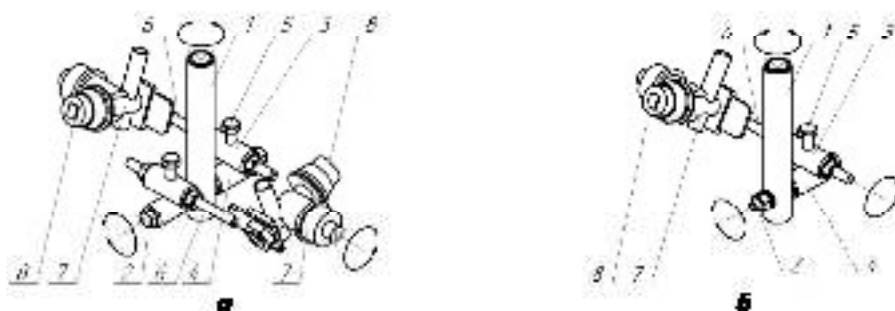


Рис. 2. Многовекторный узел распыла; а – для основных секций с двумя узлами распыла; б – для крайних секций с одним узлом распыла

Разработка рабочих органов, позволяющих качественно обрабатывать растения картофеля биологическими препаратами и подкармливать жидкими минеральными удобрениями, является одной из актуальных задач при возделывании экологически чистого картофеля.

Так, например, создание многовекторного узла распыла, позволяет проводить полную объёмную обработку растений картофеля со всех сторон, а особенно внутри куста, что максимально позволяет уничтожать колорадского жука, других вредителей и болезни растений, которые могут сохраняться на нижней части листьев при использовании существующих на сегодняшний день узлов распыла и типовых опрыскивателей.

Разработанный нами многовекторный узел распыла для нанесения рабочих растворов на растения включает: *вертикальную стойку 1, ось крепления 2 крестообразных втулок 3 с возможностью вращения и фиксации, нижнюю горизонтальную часть 4 крестообразных втулок 3, верхнюю перпендикулярную часть крестообразных втулок 3, ось крепления 6 многовекторного узла распыла 7 с возможностью также вращения и фиксации, распылители 8* [7, 8] рис. 2.

Заключение

Внесение данным оборудованием препаратов объёмным способом, включая верхний распыл рабочих растворов и нижний распыл в крону растений картофеля, будут способствовать увеличению урожайности картофеля. Для этих целей разработан экспериментальный образец оборудования, обеспечивающего объёмную обработку растений рабочими органами.

В результате объёмной 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 объёмного внесения рабочих растворов на универсальный агрегат АУ-М2 для экологического земледелия.

Список используемых источников

1. Заяц Э. В. Сельскохозяйственные машины: учебник / Э. В. Заяц. – Минск: ИВЦ Минфина, 2016. – 432 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.- 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. – 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. Аутко, 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». – г. Минск, 2017. – С. 100–113.
6. 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. – ГГАУ, 2018. – С. 182–185.
7. 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.
8. 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. – ГГАУ, 2018 г. – С. 139–142.
9. 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.

10. Филиппов, А. И. Агрегат комбинированный для обработки профилированной поверхности почвы / А. И. Филиппов, Э. В. Заяц, А. А. Аутко, С. В. Стуканов // Материалы XXI МНПК «Технология хранения и переработки сельскохозяйственной продукции»; Гродно.- ГГАУ, 2019. – С. 255–258.

11. Филиппов А. И. Многовекторный узел распыла / А. И. Филиппов, А. А. Аутко, Э. В. Заяц, С. В. Стуканов // Материалам XXII МНПК «Современные технологии сельскохозяйственного производства»; Гродно.- ГГАУ, 2019. – С. 258–260.

УДК 631.35

Поступила в редакцию 17.10.2019

Received 17.10.2019

А. А. Жедик, А. С. Шантыко, Д. Н. Иванов, Д. В. Джасов

*Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш»,
г. Гомель, Республика Беларусь*

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, КАК ИНСТРУМЕНТ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ КОНСТРУКЦИИ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ КОМБАЙНОСТРОЕНИИ

В работе представлен обзор современных методов исследования и оптимизации технологического потока, применимых для использования в сельскохозяйственном комбайностроении.

Ключевые слова: метод динамики частиц, метод молекулярной динамики, метод дискретных элементов, имитационное моделирование, технологический процесс.

A. A. Zhedzik, A. S. Shantyko, D. N. Ivanou, D. V. Jasov

*Scientific and Technical Harvester Centre OJSC “Gomselmash”,
Gomel, Republic of Belarus
e-mail: kiodpan@gomselmash.by*

MODERN METHODS FOR SIMULATING MODELING OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AS A TOOL FOR RESEARCH AND OPTIMIZATION OF STRUCTURE IN AGRICULTURAL COMBINE BUILDING

The work presents an overview of modern research methods and optimization of the process flow, applicable for use in agricultural combine harvesting.

Keywords: particle dynamics method, molecular dynamics method, discrete element method, simulation, technological process.

В сельскохозяйственном комбайностроении важным является понимание технологических процессов, происходящих в рабочих органах сельскохозяйственной техники. Исследование технологических процессов экспериментальным путём трудно реализуемо из-за необходимости использования дорогостоящего оборудования и проведения дополнительных доработок конструкции комбайна. Применение же методов имитационного моделирования технологического потока позволяет проводить всесторонние исследования процессов происходящих в сельскохозяйственной машине [1].

Среди наиболее распространенных и современных методов имитационного моделирования физических и технологических процессов особый интерес представляют методы, базирующиеся на концепции дискретного представления вещества, – метод динамики частиц (молекулярной динамики) и метод дискретных элементов. Технологический процесс представляет собой некий скоростной поток, состоящий из совокупности взаимодействующих между собой твердых частиц. Некоторые примеры моделирования потока сыпучих сред: зерно, перемещаемое через перерабатывающее оборудование; руду, пропускаемую через горнодобывающее оборудование; песок, падающий через песочные часы. Движущийся поток может быть довольно сложным, поскольку потоки проявляют твердоподобное, жидкоподобное или комбинацию обоих типов поведения.

Метод молекулярной динамики является методом компьютерного моделирования, основанного на представлении материала совокупностью взаимодействующих частиц (материальных точек), для которых записываются классические уравнения динамики. Перед началом моделирования задается некоторое начальное распределение частиц в пространстве (исходная структура материала) и начальное распределение скоростей частиц (механическое и тепловое движение системы в исходном состоянии). Частицам разрешено взаимодействовать в течение фиксированного периода времени, что дает представление о динамическом развитии системы. Траектории частиц определяются путем численного решения уравнений движения Ньютона для системы взаимодействующих частиц, описываемых посредством потенциалов взаимодействия, основным свойством которых является отталкивание при сближении и притяжение при удалении. Далее задача сводится к решению задачи Коши для системы обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод был первоначально разработан в области теоретической физики в конце 1950-х годов, но сегодня применяется в основном в химической физике, материаловедении и моделировании биомолекул.

Наиболее известными программными продуктами, для расчета с помощью метода молекулярной динамики являются: ADF, Ascalaph Designer, CHARMM, AMBER, GROMACS, LAMMPS, Materials Studio.

Метод молекулярной динамики является одной из разновидностей метода динамики частиц, когда в качестве частиц выступают атомы или молекулы. Однако в случае, когда частицы представляют собой более крупные образования (зерна, камни или другие материалы) и имеют более сложную геометрическую структуру, применяют метод дискретных элементов (DEM). В методе дискретных элементов в отличие от метода молекулярной динамики дополнительно используется вращательная степень свободы частиц.

Метод дискретных элементов – это численный метод прогнозирования поведения объемных твердых тел и он является обобщением метода конечных элементов (FEM) [2]. Здесь множество взаимодействующих между собой тел представляются как дискретные элементы, имеющие форму максимально приближенную к реальной частице. Примеры такого дискретного представления различных частиц методом дискретных элементов представлены на рис. 1.

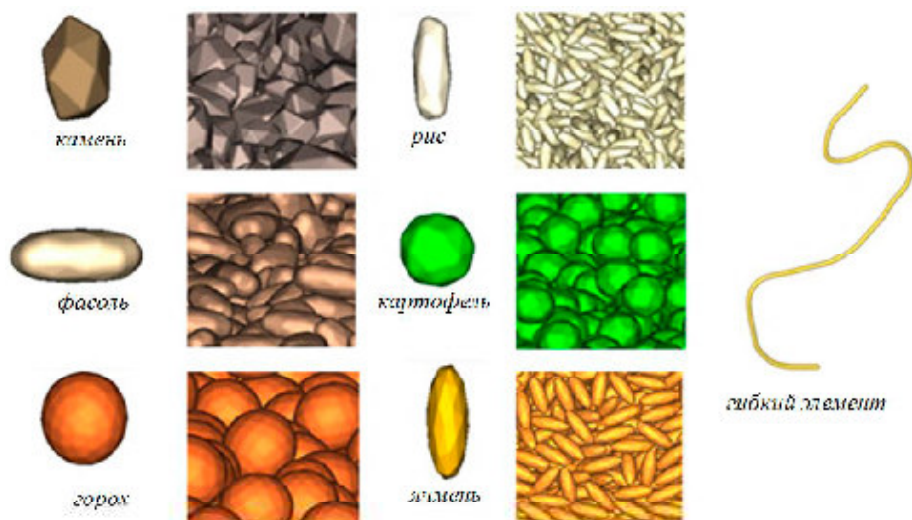


Рис. 1. Пример дискретного представления вещества методом дискретных элементов

При моделировании технологического процесса этим методом задаются начальные положения и скорости частиц, а так же различные законы взаимодействия между парами частица-частица и частица-геометрия. Для этого достаточно, чтобы при описании взаимодействия существовали разрешимые уравнения. Затем, исходя из этих начальных условий и задаваемых физических законов взаимодействия частиц, вычисляются силы, действующие на каждую частицу по формуле:

$$\sum F_{net} = \sum F_{body} + \sum F_{surface} = m \frac{dv}{dt},$$

где F – силы, действующие на частицу;

m – масса частицы;

v – скорость движения.

При этом расчет сил и моментов выполняется не для всего кол-ва частиц, имеющих в расчётной модели, а только для тех из них, с которыми она может вступать в контакт в заданном диапазоне. Информация о текущем положении частицы, скорости и временном шаге используется, чтобы переместить частицу в ее следующее местоположение в симуляции:

$$v_{new} = v_{old} + \int_t^{t+\Delta t} \frac{\sum F_{net}}{m} dt,$$

$$x_{new} = x_{old} + \int_t^{t+\Delta t} v_{new} dt,$$

где x – перемещение частицы.

В результате получаются начальные данные для следующего шага.

Наиболее известными программными продуктами, реализующими метод дискретных элементов, являются: Bulk Flow Analyst, PFC2D и PFC3D, Rocky DEM, EDEM (DEM Solutions Ltd.), GROMOS 96, ELFEN, MIMES, PASSAGE®/DEM.

Благодаря достижениям в области увеличения вычислительных компьютерных мощностей и использованию в программных продуктах современных численных алгоритмов расчета стало возможным моделировать поведение миллионов частиц. Сегодня DEM становится широко признанным в качестве эффективного метода решения инженерных задач при исследовании технологических процессов. Недавно этот метод был расширен с учетом термодинамики и связью с вычислительной гидродинамикой (CFD) и FEM.

Можно выделить следующие преимущества применения DEM:

- DEM может использоваться для имитации технологических процессов с потоком разнородных частиц. Несколько исследовательских групп независимо разработали программное обеспечение для моделирования, которое хорошо согласуется с экспериментальными результатами в широком спектре инженерных задач: перемешивание адгезивных порошков, гранулированных смесей, дробление скальных пород и пр.

- DEM позволяет более детально изучить микродинамику технологического потока, что часто невозможно сделать с помощью физических экспериментов. Например, матрица сил, сформированная в сплошной среде, может быть визуализирована с использованием матрицы высот.

Так же стоит отметить и недостатки применения DEM, имеющиеся на данный момент:

- DEM требователен к вычислительным ресурсам. Использование максимального количества частиц в расчетной модели и продолжительность расчета имитационной модели ограничены вычислительной мощностью аппаратного обеспечения. Так как реальные технологические потоки содержат миллионы частиц, то для проведения моделирования необходимо использовать современные вычислительные кластеры, что доступно не каждой компании.

Для создания адекватных моделей необходимо проведение большого количества экспериментов для определения свойств, характеризующих взаимодействующие частицы между собой и рабочими органами.

На сегодняшний день фактическое время выполнения программы может быть значительно уменьшено, если в качестве вычислительной мощности для имитационного моделирования использовать графические процессоры (GPU), из-за использования большого количества вычислительных ядер. Кроме того, графические процессоры, как правило, значительно более энергоэффективны, чем обычные вычислительные кластеры на центральных процессорах (CPU).

Безусловно, при вычислении траекторий движения каждой частицы описанными методами возникают необратимые погрешности, а задача вычисления индивидуальных траекторий прин-

ципально нелинейна и неустойчива. Однако, можно ожидать, что эти обстоятельства не повлияют на макроскопическую усредненную картину процесса, а проведение натурных испытаний позволит верифицировать имитационные модели и снизить погрешность до минимально необходимого уровня.

Как показали первые опыты имитационного моделирования технологического процесса выгрузки зерна в зерноуборочном комбайне с помощью метода дискретных элементов, проведенные в НТЦК ОАО «Гомсельмаш», визуализированный технологический процесс позволяет выработать конструктивные решения по совершенствованию рабочих органов комбайна для оптимизации технологического процесса [1]. Визуализация результатов имитационного моделирования в виде полей скоростей представлена на рис. 2.

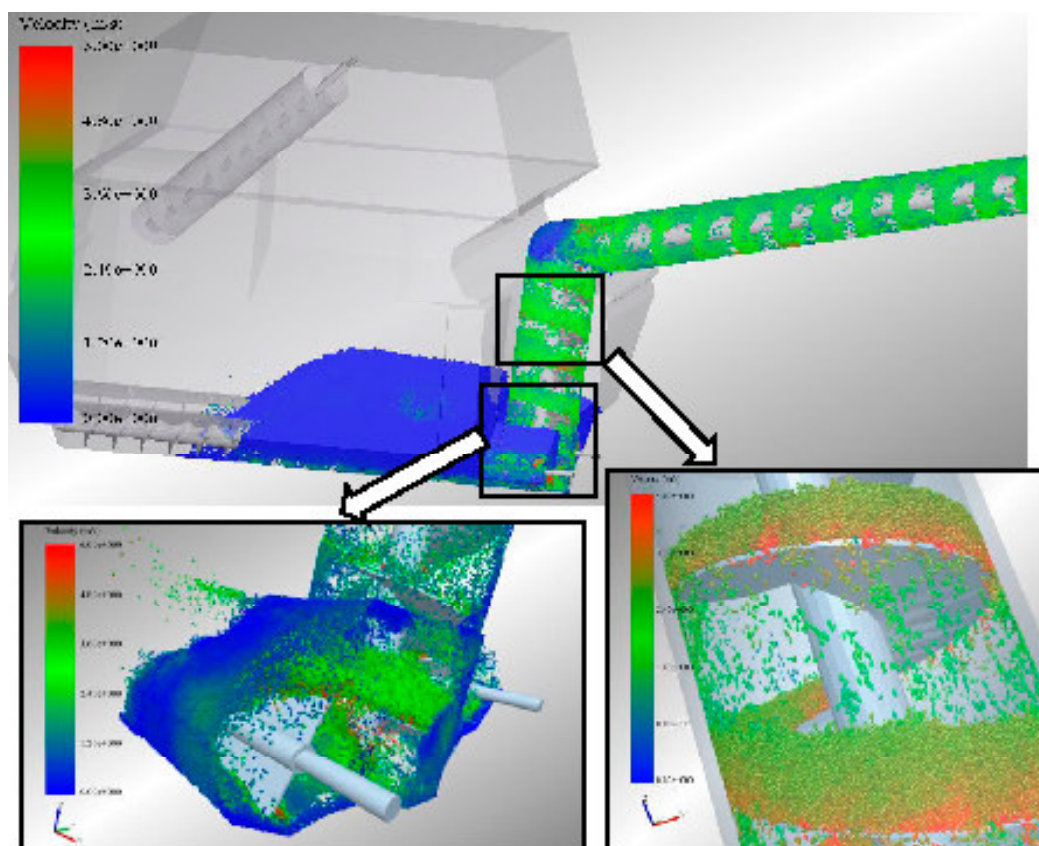


Рис. 2. – Визуализация результатов моделирования в виде полей скоростей

Эти результаты свидетельствуют о перспективности исследования технологических процессов в сельскохозяйственных машинах методом дискретных элементов.

Применение метода дискретных элементов для создания имитационных моделей в сельскохозяйственном комбайностроении позволяет предсказать силу, крутящий момент и потребляемую мощность рабочих органов комбайна и определить нагруженность конструкции в целом. Это в свою очередь позволяет оптимизировать технологический процесс с учетом геометрических параметров конструкции, повысить производительность, увеличить срок службы рабочих органов, добиться уменьшения микрповреждений технологической массы, минимизировать мертвые зоны и сегрегацию.

Список использованных источников

1. Иванов, Д. Н. Применение имитационного моделирования для анализа технологического процесса выгрузки зерна / Д. Н. Иванов // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе – сегодня и завтра: сборник тезисов докладов международной научно-практической конференции. – Гомель: Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш», 2017. – С. 68–69.

2. Иванов, Д. Н. Метод дискретных элементов как инструмент исследования и оптимизации технологического процесса в зерноуборочном комбайне / Д. Н. Иванов, Д. В. Джасов // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе – сегодня и завтра: сборник тезисов докладов третьей международной научно-практической конференции. – Гомель: Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш», 2019. – С. 54–56.

УДК 631.355.06

Поступила в редакцию 17.10.2019

Received 17.10.2019

А. С. Шантыко, А. Д. Конявский, Д. В. Джасов, Ю. В. Чупрынин

*Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш»,
г. Гомель, Республика Беларусь*

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МЕХАНИЗМА ПОПЕРЕЧНОГО УРАВНОВЕШИВАНИЯ ТРАВЯНОЙ ЖАТКИ

В работе представлена функциональная математическая модель, позволяющая проводить анализ и подбор параметров механизма поперечного уравнивания травяной жатки.

Ключевые слова: механизм уравнивания, рычажный механизм, травяная жатка, векторный способ.

A. S. Shantyko, A. D. Konyavskiy, D. V. Jasov, Yu. V. Chuprynin

*Scientific and Technical Harvester Centre OJSC “Gomselmash”,
Gomel, Republic of Belarus*

FUNCTIONAL MATHEMATICAL MODEL OF MECHANISM OF TRANSVERSE BALANCING OF GRASS HEADER

The work presents functional mathematical model, analysis and selection of parameters of the mechanism of transverse balancing of grass header.

Keywords: mechanism of balancing, linkage, grass header, vector method.

Современные мощные высокопроизводительные кормоуборочные комбайны агрегатируются широкозахватными жатками и работают на высоких скоростях движения (до 8...12 км/ч). Для адаптеров с шириной захвата более 4 м необходимо отслеживать неровности в поперечном направлении, иначе будут наблюдаться потери по высоте среза. Поэтому помимо механизмов продольного копирования рельефа поля используются механизмы поперечного копирования (качания) адаптера [1]. Однако, в связи с тем, что в большинстве случаев центр тяжести адаптера находится несимметрично относительно оси качания, происходит завал адаптера в одну из сторон, и как следствие нагрузка на опорную поверхность между левым и правым башмаками распределяется неравномерно.

Для исключения завала адаптера в одну из сторон, обеспечения копирования и равномерного распределения нагрузки на почву между левым и правым башмаком в зерноуборочных, а также кормоуборочных адаптерах применяют механизм поперечного уравнивания (МПУ).

По способу уравнивания адаптера МПУ можно условно разделить на три группы: рычажно-пружинные, гидравлические и смешанные. В НТЦК ОАО «Гомсельмаш» широкое применение нашли рычажно-пружинные МПУ.

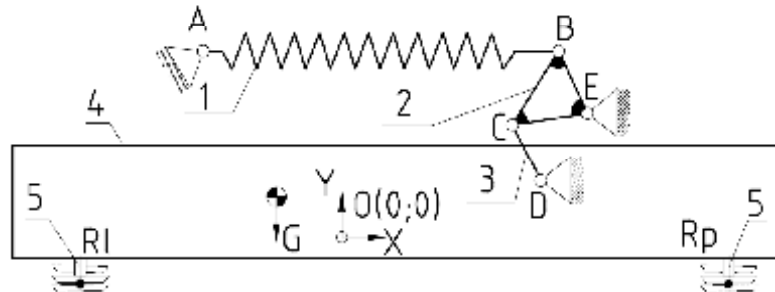
Постановка задачи

При постоянно изменяющемся рельефе поля, необходимо непрерывно обеспечивать следующие условия: копирование жаткой рельефа поля; установку и поддержание предварительно выбранной высоты среза на адаптере; максимально возможное постоянство давления на почву опорных башмаков адаптера. При этом для гарантированного срабатывания МПУ, нагрузка на почву от башмака не должна превышать нагрузку на башмак от механизма продольного копирования во всем диапазоне копирования.

Математическая модель

Для проектирования МПУ, удовлетворяющего вышеперечисленным требованиям, необходимо проводить оптимизацию параметров МПУ адаптера путем формирования функциональной математической модели (ФММ) МПУ. Далее провести ее анализ и оптимизацию параметров механизма, обеспечивающих удовлетворительную характеристику поперечного уравнивания во всем диапазоне копирования.

Типовая схема МПУ травяной жатки приведена на рис. 1.



1 – пружина; 2 – двуплечий рычаг; 3 – толкатель; 4 – адаптер; 5 – башмаки; G – центр тяжести жатки

Рис. 1. – Схема механизма поперечного уравнивания

Для формирования математической модели МПУ воспользуемся векторным способом описания рычажных механизмов, широко описанным в работах [2, 3, 4].

Положение всех подвижных точек и звеньев описываемого механизма является функцией перемещения начального звена, т. е. функцией от обобщенной координаты. За обобщенную координату принимаем угол поворота жатки относительно точки качания в диапазоне, обеспечивающим отклонения высоты подъема башмака, ± 100 мм. Тогда высоту подъема башмака относительно точки качания жатки определим по формуле:

$$OR_p(f) = TurnV(OR_{p0}, f, |OR_{p0}|), \quad (1)$$

где $TurnV(OR_{p0}, f, |OR_{p0}|)$ – функция поворота вектора [4];

OR_{p0} – начальное положение радиус-вектора точки контакта башмака с почвой.

Перемещение правого башмака R_p в вертикальной плоскости в зависимости от изменения обобщенной координаты определим, как векторную сумму двух известных векторов по выражению (2).

$$R_p(f) = O + OR_p(f). \quad (2)$$

Для нахождения координат точки D крепления толкателя на раме адаптера найдем относительный вектор OD путем поворота известного вектора $OR_p(f)$ (1) на угол DOR_p (2) с изменением его длины до L_{OD0} :

$$OD(f) = TurnV(OR_p(f), -DOR_p, L_{OD0}). \quad (3)$$

С учетом выражения (3) абсолютное положение точки D опишем выражением (4).

$$D(f) = O + OD(f). \quad (4)$$

Координаты точки E крепления двуплечего рычага пружины на раме адаптера определим, как векторную сумму двух известных векторов по выражению (5).

$$E = O + OE. \quad (5)$$

Относительный вектор ED – разность двух известных векторов и по выражению (6) равен

$$ED(f) = D(f) - E. \quad (6)$$

Для нахождения координаты точки С по формуле (9) предварительно найдем относительный вектор EC (8) путем поворота известного вектора $ED(f)$ (6) на угол CED (7) с изменением его длины до L_{CD} .

$$CED = \arccos(L_{EC}, |ED(f)|, L_{CD}), \quad (7)$$

где $\arccos(L_{EC}, |ED(f)|, L_{CD})$ – функция поиска неизвестного угла по теореме косинусов [4];

$$EC(f) = \text{TurnV}(ED(f), CED(f), L_{EC}); \quad (8)$$

$$C(f) = E + EC(f). \quad (9)$$

Для определения точки крепления пружины $B(f)$ на двуплечем рычаге определим плечо $EB(f)$ путем поворота известного вектора $EC(f)$ на заданный угол BEC до длины L_{EB} :

$$EB(f) = \text{TurnV}(EC(f), BEC, L_{EB}); \quad (10)$$

$$B(f) = E + EB(f). \quad (11)$$

Точку крепления пружины на раме адаптера A определим как сумма двух известных векторов по выражению (12).

$$A = O + OA. \quad (12)$$

Тогда длину пружины, в зависимости от изменения обобщенной координаты, определим по формуле:

$$L_{pr} = |B(f) - A|. \quad (13)$$

После формализованного описания положения всех точек МПУ определяем требуемую силу в пружине AB , необходимую для достижения уравнивания адаптера в горизонтальном положении:

$$F_{pr}(f) = \frac{G \cdot h_G(f) \cdot h_{CD}(f)}{h_{OD}(f) \cdot h_{pr}(f)},$$

где G – центр тяжести адаптера;

$h_G(f)$, $h_{OD}(f)$ – плечо центра тяжести адаптера и плечо точки крепления толкателя относительно точки качания адаптера;

$h_{CD}(f)$, $h_{pr}(f)$, – плечо толкателя CD и плечо пружины относительно т. E ;

Зная все силовые параметры МПУ определим нагрузку на башмаках, действующие на почву по формуле:

$$R(f) = \frac{F_{pr}(f) \cdot \frac{h_{pr}(f)}{h_{CD}(f)} \cdot h_{OD}(f) - G_g \cdot h_G(f)}{h_R(f)},$$

где $h_R(f)$ – плечо левого или правого башмака относительно точки качания адаптера;

Сформированная выше ФММ, позволяет выполнять как анализ работоспособности конструкции, так и оптимизацию ее параметров.

Результаты и их обсуждение

На рис. 2 представлена характеристика изменения реакции на левом и правом башмаках травяной жатки без МПУ при повороте ее из одного крайнего положения в другое.

Как следует, из рис. 2, реакция на левом башмаке является положительной и имеет значительную величину во всем диапазоне копирования. Реакция на правом башмаке имеет значительную отрицательную величину во всем диапазоне. Это приводит к завалу адаптера в левую сторону, разрушению поверхностного слоя почвы и, как следствие, нарушению технологического процесса уборки трав.

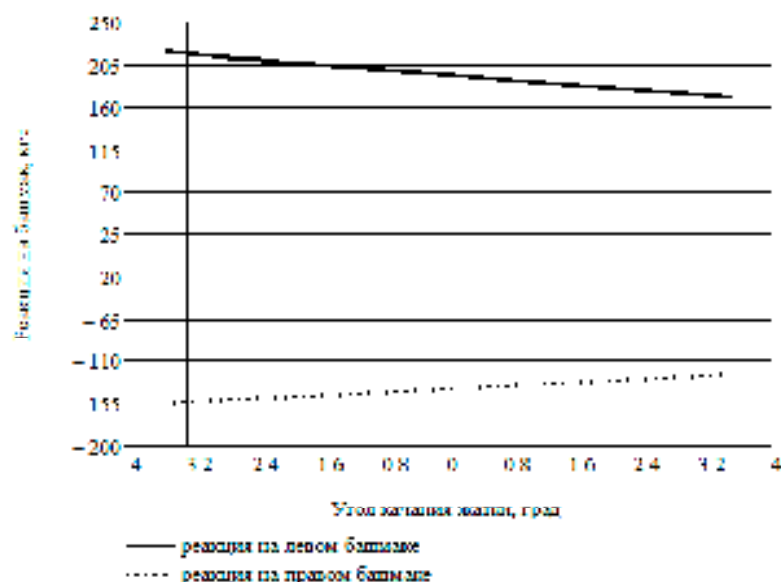


Рис. 2. – Характеристика изменения реакции на левом и правом башмаках

Для получения удовлетворительной характеристики изменения реакций на левом и правом башмаках используется рычажно-пружинный МПУ. По результатам анализа ФММ МПУ были подобраны параметры механизма, обеспечивающие величину реакции на башмаке не превышающую величину реакции от продольного механизма копирования. Стоит отметить следующее: если величина реакции на башмаке механизма поперечного уравнивания окажется больше величины реакции создаваемой механизмом продольного копирования, то при наезде, допустим левого башмака на бугорок, первым сработает механизм, работающий в продольной плоскости. В этом случае правый башмак, под которым может оказаться ямка, также оторвется от поверхности на ту же высоту, что и левый башмак. Такая ситуация при выполнении технологического процесса приведет к потерям по высоте среза.

Характеристика изменения нагрузки на башмаках с использованием оптимизированных параметров МПУ в зависимости от угла поворота адаптера приведены на рис. 3.

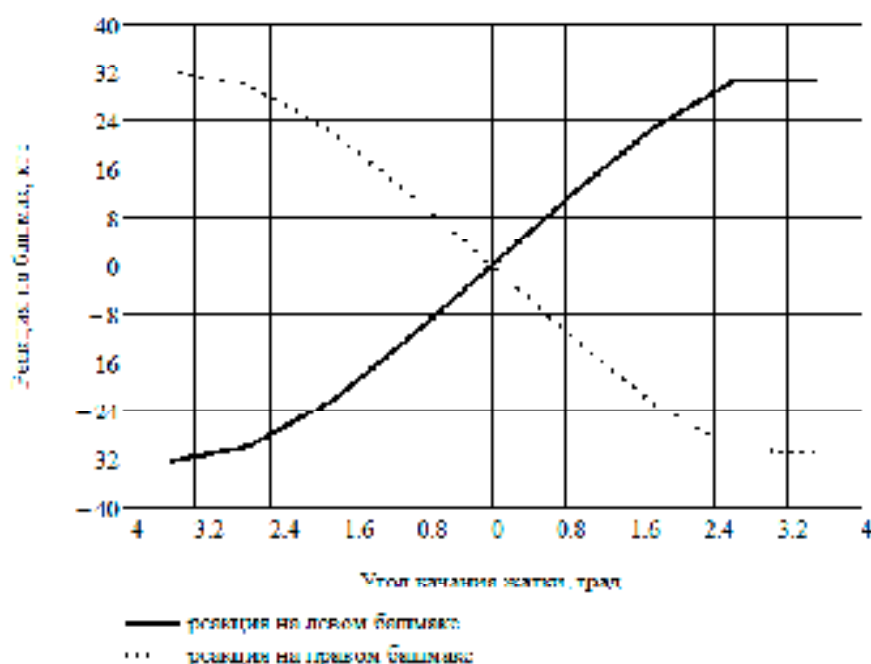


Рис. 3. – Характеристика изменения реакции на левом и правом башмаках

Как видно из рис. 3, характеристика изменения вертикальной реакции на левом и правом башмаках приобрела симметричный вид и не превышает 35 кгс во всем диапазоне копирования. Данная величина обеспечивает устойчивое выполнение технологического процесса.

Выводы

1. Применение широкозахватных адаптеров с использованием системы поперечного копирования рельефа почвы невозможно без применения МПУ.
2. МПУ должен обеспечивать допустимую величину нагрузки на башмаки во всем диапазоне копирования, не превышающую величину нагрузки на башмак от механизма продольного копирования, и иметь симметричную характеристику.
3. Наиболее простым и удобным способом для формирования функциональной математической модели МПУ является рассмотренный в статье векторный способ описания рычажных механизмов. Он позволяет доступно и наглядно аналитически описывать кинематику проектируемых рычажных механизмов и осуществлять анализ их работы. Применение данного способа по сравнению с существующими аналитическими методами позволяет в короткие сроки и с высоким качеством создавать оптимальные и конкурентоспособные системы рычажных механизмов, что подтверждается многолетним опытом его использования в НТЦК ОАО «Гомсельмаш».

Список использованных источников

1. Конявский А. Д. Оптимизация параметров механизма поперечного уравнивания травяной жатки КНК-4500 / А. Д. Конявский, Д. В. Джасов // Сборник тезисов докладов второй международной научно-технической конференции, НТЦК ОАО «Гомсельмаш», 2018. – С. 106–107.
2. Котов, А. В. Применение векторного анализа при проектировании рычажных механизмов / А. В. Котов, Ю. В. Чупрынин // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 2007. – С. 32–37.
3. Джасов, Д. В. Оптимизация параметров механизма подъема капота косилки с применением газовых пружин / Д. В. Джасов, Д. Н. Иванов, А. С. Шантыко // Вестник аграрной науки Дона. – 2018. – №2(42). – С. 65–73.
4. Джасов, Д. В. Оптимизация параметров предохранительного элемента механизма поворота силосопровода кормоуборочного комбайна / Д. В. Джасов, А. Д. Конявский, А. С. Шантыко, Ю. В. Чупрынин // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 110-летию со дня рождения академика М. Е. Мацепуро (Минск, 17–18 окт. 2018 г.) / редкол. : П. П. Казакевич (гл. ред.), Л. Ж. Кострома. – Минск : Белорусская наука, 2018. – С. 219–224.

УДК 656.1.065.7.

Поступила в редакцию 17.10.2019
Received 17.10.2019

И. И. Хилько, Л. Г. Сапун

*Белорусский государственный аграрный технический университет
г. Минск, Республика Беларусь*

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ВЫСОКОНАПОРНЫХ МОЕЧНЫХ УСТАНОВОК

Дана оценка энергоэффективности современных высоконапорных моечных установок, предложены новые технические решения по рабочим органам и сменным адаптерам, повышающим технический уровень и расширяющим их технологические возможности.

Ключевые слова: технологические возможности, эксплуатация МТП, конструкции брендспойта, производственные испытания, система технической эксплуатации сельскохозяйственных машин и оборудования, мойка.

IMPROVEMENT OF WORKING BODIES OF HIGH-PRESSURE WASHING UNITS

The article evaluates the energy-efficiency of modern rod washing machines of high pressure. The author develops the technical solutions to the working component and removable adapter that raise the technical level and broaden technical opportunities of these machines.

Keywords: energy-efficiency, washing machines of high pressure, develops the technical solutions, component and removable adapter, machines.

Введение

Мойка является важным технологическим процессом в системе технической эксплуатации сельскохозяйственных машин и оборудования, оказывающим большое влияние на качество, культуру и безопасность их обслуживания и ремонта. Как ни один другой технологический процесс она является наиболее распространенным, с очень обширной областью применения в сельскохозяйственном производстве, начиная от технической эксплуатации МТП и заканчивая мойкой и дезинфекцией помещений, машин и оборудования в животноводстве и птицеводстве. Однако до сих пор мойка остается далеко не совершенным процессом, требующим на свою реализацию больших расходов воды, энергии, труда и очень часто не обеспечивающим требуемую степень чистоты поверхностей. Поэтому основной целью данной работы является снижение расхода энергии и труда на проведение мойки машин и оборудования при повышении степени чистоты их поверхностей.

Основная часть

Нами были проведены расчеты полного коэффициента полезного действия моечных установок (далее КПД) по методике представленной в источнике [1].

$$\eta_n = \frac{N_n}{N}, \quad (1)$$

где N_n – полезная мощность насосной установки, кВт;

N – установленная мощность электропривода, кВт.

В свою очередь полезную мощность рассчитывали по формуле:

$$N_n = P_i \cdot Q_n, \quad (2)$$

где P_i – давление развиваемое насосом, МПа;

Q_n – подача насоса, м³/с.

Воспользовавшись формулами 1, 2 и паспортными данными импортных моечных установок, представленных на рынке Республики Беларусь были рассчитаны их полные КПД.

Из них следует, что полный КПД моечных установок колеблется в широких пределах от 53,5% (HDS801E) до 83,3% (DS3180), что значительно ниже общепринятых 85...92% [1]. По нашему мнению такой низкий КПД объясняется высокой форсированностью по давлению и частоте возвратно-поступательного движения плунжеров гидравлических насосов (1400...2800 мин⁻¹), а также несовершенством конструкций используемых рабочих органов (насадков).

По имеющимся данным [2, 3] насадок моечной установки представляет собой устройство, преобразующее потенциальную энергию давления в кинетическую энергию струи. Чем выше КПД такого процесса, тем больше запас кинетической энергии в струе, которая расходуется на выполнение работы по отделению и удалению загрязнений с поверхностей машин, тем интенсивнее процесс мойки.

Нами было принято допущение характеризовать КПД насадка посредством коэффициента расхода, рассчитываемого по формуле:

$$\mu = \frac{Q}{Q_T}, \quad (3)$$

где Q – действительный расход жидкости, м³/с;

Q_T – теоретический расход жидкости, м³/с.

Из имеющихся данных [3] следует, что для конически сходящихся насадков μ может изменяться в пределах 0,82...0,946, а для коноидальных от 0,96...0,98. В тоже время в конструкции рабочих органов многих моечных установок такие насадки практически не применяются, чем во многом объясняется их низкий КПД.

Нами был изготовлен брандспойт, оснащенный конически сходящимся насадком, формирующим компактную с большой дальностью выброса струю. В тоже время стало ясно, что такая струя как инструмент очистки поверхностей машины не всегда пригодна для работы на посту мойки.

В этой связи была поставлена задача сохранить высоким запас кинетической энергии в струе и придать ей технологически целесообразную форму пригодную для мойки поверхностей с различной степенью загрязненности. Основная идея увеличения кинетической энергии в струе поясняется следующим математическим выражением:

$$E_k = \frac{mV^2}{2} + I \frac{\omega^2}{2}, \quad (4)$$

где m – масса движущегося потока жидкости в струе, кг;

V – скорость движения частиц воды вдоль оси струи, м/с;

I – момент инерции вращающегося потока жидкости в струе, кг·м²;

ω – угловая скорость вращения струи, рад/с.

Из данного математического выражения следует, что это возможно при наложении на поступательно движущийся поток воды в струе вращательного движения, создавая так называемый эффект «Торнадо» или «вращающихся струй». Изменяя угловую скорость вращения струи нам удалось плавно регулировать угол ее распыления, а следовательно и динамику воздействия на загрязненную поверхность.

Данная идея была материализована в конструкции брандспойта, на которую получен патент [4]. Опытный образец такого брандспойта с конически сходящимся насадком диаметром 1,8 мм позволил получать струю с диапазоном угла распыления от минимального (рис. 1) до максимального представленного на рис. 2. Регулирование угла распыления плавное и обеспечивается рукояткой управления с малым углом поворота. Такая технологическая возможность брандспойта позволяет проводить эффективно мойку крупногабаритной сельскохозяйственной, строительной и другой техники с высокой степенью загрязненности поверхностей, легко управляя процессом с учётом характера распределения загрязнений на поверхностях машин и их свойств.



Рис. 1 – Форма струи с минимальным углом распыления ($d_n=1,8$ мм, $p \geq 12$ МПа)



Рис. 2 – Форма струи с максимальным углом распыления
($d_n=1,8\text{мм}$, $p\geq 12\text{МПа}$)

В конструкции брандспойта предусмотрена возможность регулирования как минимального, так и максимального углов распыления струи.

На втором этапе исследований была выдвинута идея создания адаптера- турбофрезы с регулируемой частотой вращения насадки – волчка. Являясь весьма эффективным инструментом для удаления прочносвязанных загрязнений компактной струей высокого давления, она имела серьезный недостаток, который заключался, по нашему мнению, в отсутствии возможности регулирования частоты вращения насадки – волчка при постоянно высоком давлении. В известных устройствах это можно было делать только регулированием давления у насадки или расхода воды. Такая система регулирования имеет серьезный недостаток, проявляющийся в резком изменении параметров технологического процесса. Этот недостаток устранен в предложенной новой конструкции турбофрезы, где регулирование частоты вращения насадки – волчка происходит при первоначально заданном давлении и расходе воды. Ее конструкция защищена патентом на изобретение [5].

Указанный рабочий орган рекомендуется использовать для удаления прочносвязанных загрязнений с полов, стен, крыши и других поверхностей производственных объектов.

В качестве еще одного рабочего органа предложена конструкция насадки, обеспечивающей режим гидродинамической кавитации в потоке выбрасываемой воды. Область применения такой насадки – это мойка и дезинфекция машин и оборудования в животноводстве и птицеводстве, а также молочного и другого оборудования в переработке. Есть основания полагать об эффективности его применения при подготовке поверхностей машин и окраске, а также дегазации и дезактивации специальной техники [6,7]. Указанный насадок состоит из соосно расположенных в определённой последовательности конфузора, проставки с цилиндрической проточной частью и диффузора. Полным факторным экспериментом были установлены геометрические размеры проходного тракта насадка генерирующего кавитацию в потоке проходящей воды.

Проведенные в условиях ОАО «Минский Агросервис» производственные испытания брандспойта как с конически сходящимся насадком, так и насадком, генерирующем кавитацию в струе, подтвердили в целом правильность принятых технических решений. Отмечено заметное снижение концентрации мелкодисперсной водяной пыли в зоне работы мойщика (рис. 3).

Известно [8], что высокая концентрация водяной пыли является крайне вредным производственным фактором.

В процессе испытаний установлено, что разработанный брандспойт с регулируемым углом распыления струи, позволил сократить время мойки целого ряда сельхозмашин на 10% и более. Более приоритетным вариантом комплектации брандспойта оказалось сопло генерирующее кавитацию. Пропорционально этому уменьшилось и энергопотребление, чем доказана практическая ценность данного рабочего органа к моечным установкам. К настоящему времени разрабо-



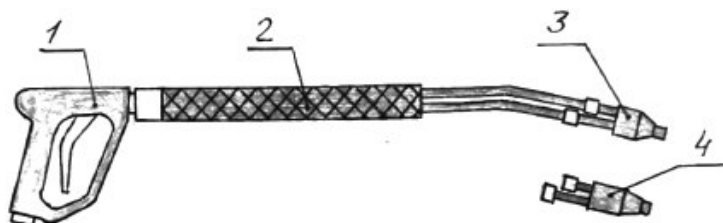
Рис. 3 – Производственные испытания опытного образца брендспойта с насадком, генерирующим кавитацию в струе ($d_n = 1,8 \text{ мм}$)

тана конструкторская документация на три варианта брендспойта под коммерческим названием «Торнадо1, 2 и 3»).

Вариант «Торнадо1» представлен на рис. 3. Это наиболее простая и технологичная в изготовлении конструкция в которой для управления подачей воды использован шаровой кран.

В конструкции «Торнадо2» не используются импортные комплектующие и управление подачей воды осуществляется клапаном, расположенным в закрытом объеме распределителя.

«Торнадо3» представлен на рис. 4. В его комплектацию включена рукоятка-пистолет фирмы R+M/Suttner, позволившая сохранить эргономичность конструкции и минимизировать число деталей



1 – рукоятка с запорным клапаном; 2 – ствол; 3 – насадок для формирования вращающейся струи с регулируемым углом распыления; 4 – турбофреза с регулируемой частотой вращения волчка.

Рис. 4 – Общий вид конструкции брендспойта (вариант «Торнадо3») и сменных адаптеров к нему

Выводы

Современные высоконапорные шланговые моечные установки характеризуются низким уровнем энергоэффективности и их полный КПД колеблется в пределах от 53,3 до 83,3%. Предложены качественно новые конструкции рабочего органа (брендспойта) с набором адаптеров не только повышающих энергоэффективность, но и расширяющих технологические возможности высоконапорных моечных машин. Это стало возможным благодаря использованию принципа «вращающихся» струй и явления гидродинамической кавитации. Обеспечена повышение производительности труда мойщика на 10% и более, а так же улучшено качество мойки машин

УО «БГАТУ» может передать свои разработки заинтересованным организациям на условиях лицензионного договора.

Список использованных источников

1. Лепешкин, А. В. Гидравлика и гидропривод [Текст]: монография, часть 2. – Москва: МГИУ, 2005. – 292 с.
2. Медведев, В. Ф. Гидравлика и гидравлические машины [Текст]: монография, – Минск: Высшая школа. 1998. – 315 с.
3. Башта, Т. М. Гидравлика. [Текст]: монография, – Москва: Машиностроение. 1970. – 438 с.
4. Брандспойт: пат. 16761 Респ. Беларусь, МПК В05В1/00, В05В1/34 / И. И. Хилько, Д. П. Соболев; опубл. 09.10.2012 // Афіцыйны бюл. / Нац. Цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2013. – № 1. – С. 67–68.
5. Гидрофрезы: пат. 17517 Респ. Беларусь, МПК В05В3/02 / И. И. Хилько, Д. П. Соболев; заявитель БГАТУ. – № а20110481; заявл. 14.04.2011; опубл. 27.05.2013 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2013. – № 4.
6. Толочко, Н. К. Кавитационные моечно-очистные технологии и их применение в сельском хозяйстве / Н. К. Толочко, А. Н. Челединов. – Минск: БГАТУ, 2018–284 с.
7. Наш брандспойт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://youtu.be/t4j7ky7GYkq>. – Дата доступа 20.09.2019.
8. Устройство для безопасной очистки техники [Текст] / М. В. Латышенко [и др.] / «Техника в сельском хозяйстве». – 2011. – № 6. – С. 16–17.

УДК: 637.115.6

Поступила в редакцию 25.10.2019
Received 25.10.2019

И. А. Афанасьев

*Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства»
пгт Глеваха, Украина
e-mail: nnc-imesg@ukr.net*

К ВОПРОСУ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ВАКУУММЕТРИЧЕСКИМ ДАВЛЕНИЕМ В МОЛОКОСБОРНОЙ КАМЕРЕ КОЛЛЕКТОРА ДОИЛЬНОГО АППАРАТА

В статье рассматривается проблема низкого уровня автоматизации доильного оборудования для коров в специальных залах.

Для решения данной проблемы разработаны конструктивно-технологическая схема и алгоритм работы адаптивной доильной аппаратуры с изменением вакуумметрического давления в молокосборной камере коллектора доильного аппарата. Использование которых, приведет к меньшему влиянию человеческого фактора; уменьшению времени холостого доения; повышению полноты выдаивания и уменьшению заболеваемости животных маститом.

Ключевые слова: аппарат доильный, машинное доение, установка доильная автоматизированная, адаптивная доильная аппаратура.

I. A. Afanasyev

*National Scientific Center “Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture”,
Glevaha, Ukraine
e-mail: nnc-imesg@ukr.net*

TO THE QUESTION OF ADAPTIVE MANAGED OF VACUUM-PRESSURE IN THE COLLECTOR MILK CHAMBER OF THE MILKING MACHINE

The article deals with the problem of low level of automation of milking equipment for milking cows in milking parlors.

To solve this problem, design and technological scheme and the work algorithm of the adaptive milking equipment with the change of pressure in the collector milk chamber of the milking machine are developed. The use of which will lead to: less influence of the human factor, reducing the time of idle milking; increasing the completeness of milking of the animals and reducing the morbidity of animals to mastitis.

Keywords: milking machine, machine milking, milking automated installation, adaptive milking equipment.

Введение

Сегодня существует много конструктивно-технологических решений для машинного доения коров, но они не в полной мере решают такие проблемы, как: холостое доение, полнота выдаивания, падение подвесной части доильного аппарата с вымени животного и др.

При высокой интенсивности молоковыведения, молокосборная камера коллектора переполняется молоком, что приводит к значительному падению вакуумметрического давления в ней и падение подвесной части. Или, наоборот, при отсутствии молоковыведения действие вакуумметрического давления на соски животных опасно – происходит холостое доение, что приводит к заболеваниям маститом [1, 2, 3].

Следовательно, возникает необходимость в создании доильной аппаратуры, которая, в зависимости от интенсивности молоковыведения, обеспечит адаптивную смену вакуумметрического давления в молокосборной камере коллектора.

Основная часть

Алгоритмы работы доильной аппаратуры заключаются в изменении режима работы в соответствии с физиологическими особенностями животного. Так, например, в исследованиях И. В. Дмитрива [4], изменяются соотношения тактов пульсатора от интенсивности молоковыведения.

Л. П. Карташовым предложен алгоритм машинного доения коров [5], который включает: режим стимуляции (происходит по времени 30...60 с), доения, додаивания (по интенсивности молоковыведения менее 0,2 л/мин в течение 2...30 с) и снятие доильных стаканов. Похожий алгоритм работы доильной аппаратуры используют в большинстве молочных ферм Украины, с большим поголовьем скота, на отечественных доильных установках типа «Елочка» [6]. Они также имеют 3 режима работы: стимуляции (частота пульсаций – 100 ± 5 Гц), доения (частота пульсаций – 65 ± 5 Гц) и додаивание (частота пульсаций – 65 ± 5 Гц при работе манипулятора в режиме машинного додаивания). Недостатком приведенных выше алгоритмов работы доильной аппаратуры является постоянный уровень вакуумметрического давления в молокосборной камере коллектора, который создает негативное влияние на соски животного во время низкой интенсивности молоковыведения.

В своей работе С. В. Второй и В. Ф. Второй [7] описывают алгоритм управления системой стабилизации вакуумметрического давления в общей системе доильного оборудования. Но он не учитывает падение вакуумметрического давления в молокосборной камере коллектора из-за увеличения интенсивности молоковыведения.

Фирма DeLaval предложила доильный аппарат Duovac 300 [8], работающий на двух уровнях вакуумметрического давления в молокосборной камере коллектора (пониженное – 33 кПа и номинальный – 50 кПа), которые меняются в зависимости от интенсивности молоковыведения. Это позволяет уменьшить вредное воздействие высокого вакуумметрического давления на соски животного, что, в свою очередь, приводит к меньшей заболеваемости маститом. Основным недостатком предложенного доильного аппарата является необходимость в селекции стада коров. При тугодойности приходится вручную проводить следующие манипуляции: додаивание, снятие подвесной части и выключение доильной аппаратуры.

На основе анализа конструктивно-технологических схем существующих доильных аппаратов и алгоритмов их работы, предложен способ работы адаптивной доильной аппаратуры, который, в зависимости от интенсивности молоковыведения, меняет величину вакуумметрического давления в молокосборной камере доильного аппарата. Он включает в себя четыре режима работы: режим стимуляции, нормального доения, интенсивного молокоотдачи, додаивания и окончания доения.

Алгоритм работы адаптивной доильной аппаратуры с управляемым вакуумметрическим давлением в молокосборной камере коллектора доильного аппарата в зависимости от интенсивности молоковыведения представлено на рис. 1.

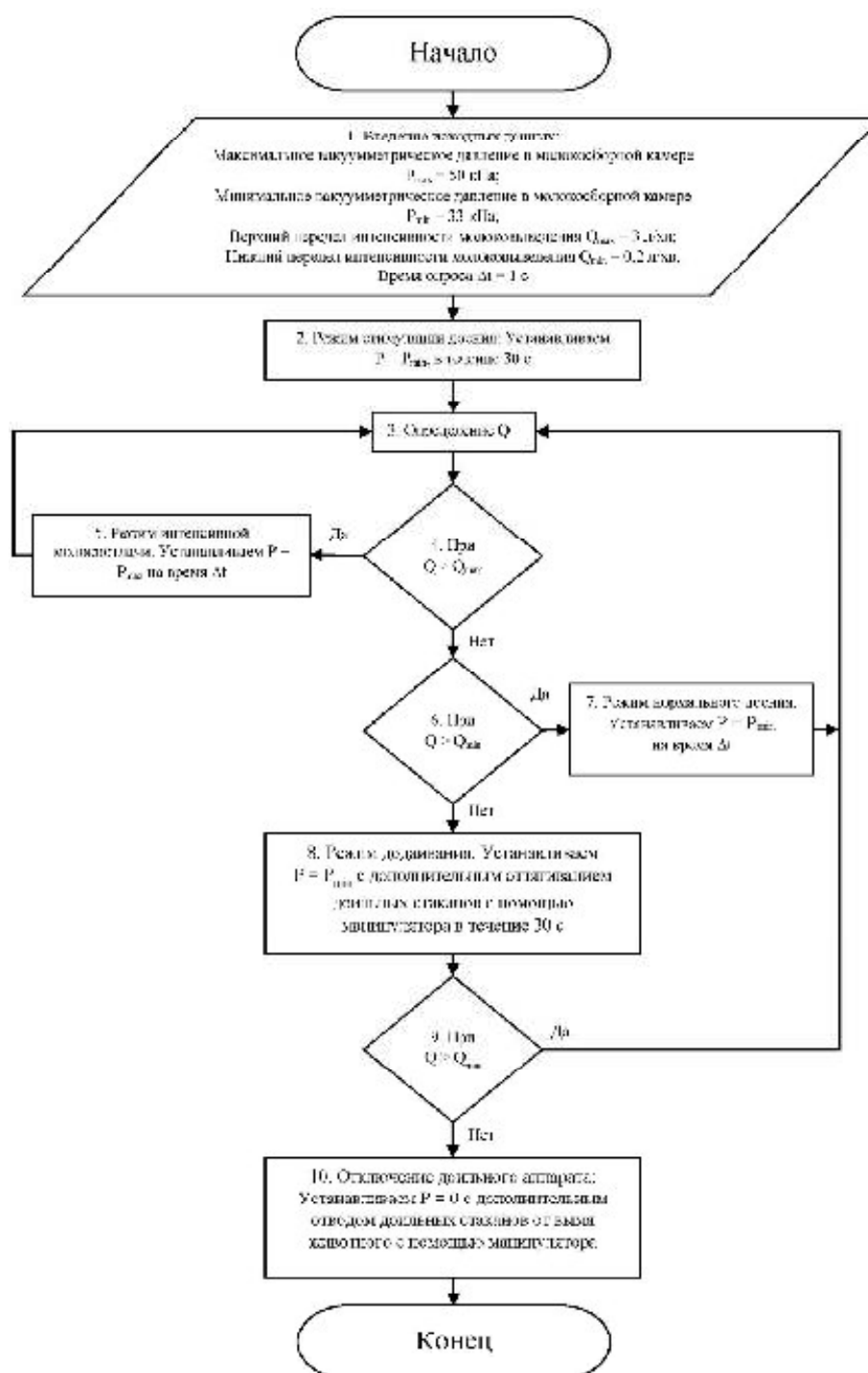


Рис. 1. – Алгоритм работы адаптивной доильной аппаратуры с управляемым вакуумметрическим давлением в молокосборной камере коллектора доильного аппарата

Адаптивная доильная аппаратура работает следующим образом. Первые 30 с от начала доения аппарат работает в режиме стимуляции (при минимальном вакуумметрическом давлении 33 кПа в молокосборной камере доильного аппарата).

По окончании режима стимуляции, доильный аппарат автоматически переходит в режим нормального доения (при интенсивности молоковыведения до 3 л/мин) или интенсивного молоковыведения (выше 3 л/мин). Режим нормального доения сопровождается установлением вакуумметрического давления в молокосборной камере коллектора – 33 кПа. Во время режима интенсивного молоковыведения вакуумметрическое давление составляет 50 кПа.

С уменьшением интенсивности молоковыведения до 0,2 л/мин доильный аппарат работает в течение 30 с в режиме додаивания. Режим додаивания включает установление вакуумметрического давления в молокосборной камере на уровне 33 кПа и выполнения периодического оттягивания подвесной части с помощью манипулятора. При увеличении интенсивности молоковыведения доильный аппарат возвращается в обычный режим работы. Если интенсивность молоковыведения не повышается, то доильный аппарат с помощью манипулятора отводит доильные стаканы и перекрывает подачу вакуумметрического давления в молокосборную камеру коллектора.

Данный алгоритм работы можно использовать на базе адаптивной доильной аппаратуры с управляемым вакуумметрическим давлением, в молокосборной камере коллектора, изображенной на рис. 2 [9, 10, 11].

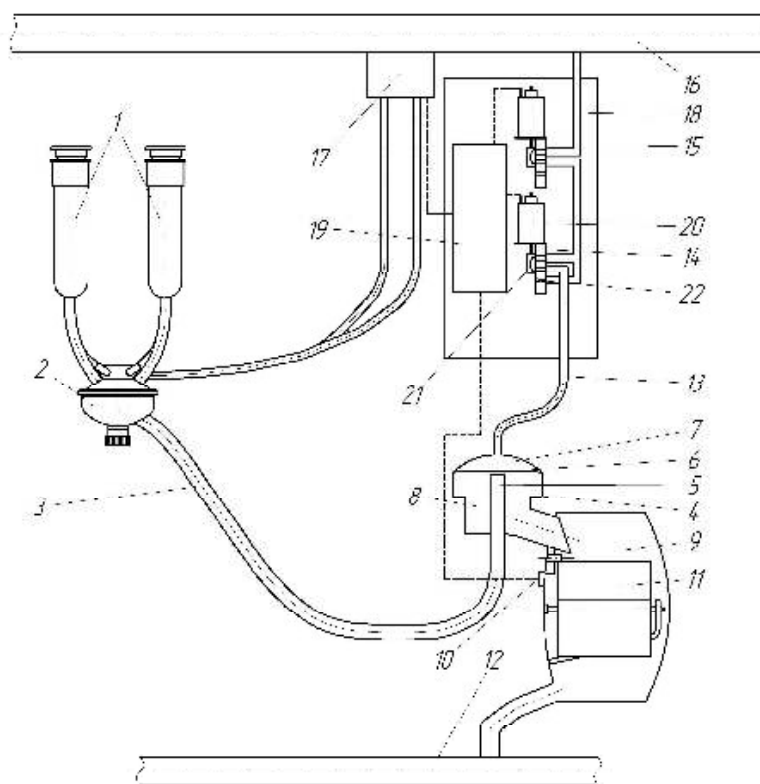


Рис. 2. – Конструктивно-технологическая схема адаптивной доильной аппаратуры с управляемым вакуумметрическим давлением:

- 1 – доильные стаканы; 2 – молокосборная камера коллектора; 3 – молокопроводный шланг доильного аппарата;
 4 – регулятор вакуумметрического давления мембранного типа; 5 – патрубок регулятора вакуумметрического давления мембранного типа; 6 – мембрана; 7 – камера управления; 8 – камера постоянного давления;
 9 – счетчик молока; 10 – счетное устройство; 11 – лоток; 12 – молокопровод; 13 – вакуумный шланг;
 14 – двухпозиционный клапан переключения вакуумметрического давления; 15 – двухпозиционный клапан отключения доильного аппарата; 16 – вакуум-провод; 17 – пульсатор; 18 – блок управления; 19 – плата управления режимом работы доильной аппаратуры; 20 – соленоид; 21 – ползунок двухпозиционного клапана;
 22 – калиброванное дросселирующее отверстие

Заключение

Разработанный алгоритм работы и конструктивно-технологическая схема адаптивной доильной аппаратуры позволят менять вакуумметрическое давление в молокосборной камере коллектора, автоматически выполнять машинное додаивание и снятие подвесной части. Это приведет к меньшему влиянию человеческого фактора; уменьшению времени холостого доения; повышению полноты выдаивания и уменьшению заболеваемости животных маститом. Дальнейшие исследования должны быть направлены на проверку разработанного технического решения в производственных условиях.

Список использованных источников

1. Вальдман Э. К. Физиология машинного доения коров / Э. К. Вальдман. – Л.: Колос, 1977. 191 с.
2. Велиток И. Г. Физиология молокоотдачи при машинном доении / И. Г. Велиток. – К.: Урожай, 1974. 128 с.
3. Ткач В. В. До питання взаємодії дійкової гуми та дійки у процесі машинного доїння корів / В. В. Ткач // Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодержавний збірник. Глеваха, – 2011. – Вип. № 5. – С. 143–148.
4. Дмитрів І. В. Аналіз режимних характеристик доїльних апаратів при машинному доїнні корів / І. В. Дмитрів // Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвідомчий тематичний науковий збірник. Глеваха, – 2013. – Вип. 97. – С. 576–581.
5. Карташов Л. П. Машинное доение коров / Л. П. Карташов – М.: Колос, 1982. 301 с.
6. УДЕ 00.000 РЭ. ВАТ «Брацлав»: Руководство по эксплуатации. 2006. 49 с.
7. Второй С. В., Второй В. Ф. Алгоритм управления машинным доением коров / С. В. Второй, В. Ф. Второй // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства: теоретический и научно-практический журнал / ИАЭП. – 2018. – Вип. № 1 (94). – С. 134–143.
8. Duovac 300. Руководство по использованию. ДеЛаваль, 2009. 44 с.
9. Афанасьев І. А. Обґрунтування конструкційно-технологічної схеми адаптивної доїльної апаратури на базі порційного лічильника вагового типу / І. А. Афанасьев // Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодержавний збірник. Глеваха, – 2018. – Вип. № 7 (106). – С. 117–123.
10. Автоматизована доїльна апаратура : пат. 134780 UA, МПК A01J 5/00 (2019.01) / Афанасьев І. А., Дріго В. О., Михайленко П. М., Ткач В. В.; заявник Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» Національної академії аграрних наук України. – № у 2018 10954 ; заявл. 06.11.2018 ; опуб. 10.06.2019, Бюл. №11, 2019р.
11. Афанасьев І. А. Доїльна апаратура з керованим тиском у молокозбірній камері колектора / І. А. Афанасьев // Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві : Матеріали VII Всеукраїнської науково-технічної конференції, Глеваха-Київ 5–28 грудня 2018 / ННЦ «ІМЕСГ», НУБіП України; редкол.: В. В. Братішко [і інш.]. – Глеваха, 2019. – С. 7 – 10.

УДК: 637.115

Поступила в редакцию 25.10.2019

Received 25.10.2019

В. В. Ткач

Національний науковий центр

*«Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» НААН України,
г. Глеваха, Україна*

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ СЧЕТЧИКА МОЛОКА НА ОСНОВЕ ПРОТОЧНОГО ДАТЧИКА ЕМКОСТНОГО ТИПА

В статье рассмотрены отдельные проблемы технического обеспечения технологий точного животноводства при производстве молока, в частности, – создание эффективных устройств оперативного мониторинга интенсивности молоковыведения и учета индивидуального удоя.

Даны результаты производственных и лабораторных исследований разработанного счетчика молока на основе проточного датчика емкостного типа.

Ключевые слова: автоматизация доения, датчик расхода молока, машинное доение, емкостный датчик, учет индивидуального надоя.

V. V. Tkach

*National Scientific Center “Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture”
of the National Academy of Sciences of Ukraine,
Glevaha, Ukraine*

RESEARCH RESULTS OF THE MILKMETER BASED ON ELECTRIC CAPACITIVE TYPE FLOW SENSOR

The article discusses certain problems of technical support of precision animal husbandry technologies in milk production, in particular, the creation of effective devices for the operational monitoring of milk flow and accounting for individual milk yield.

The results of production and laboratory tests of the developed milk meter are given.

Keywords: milking automation, milk flow sensor, machine milking, capacitive sensor, individual milk yield accounting.

Введение

Одной из ключевых составляющих технического обеспечения технологий точного животноводства при производстве молока являются средства оперативного мониторинга интенсивности молоковыведения – как основа для адаптивных систем машинного доения, мониторинга физиологического состояния поголовья коров и учет индивидуального надоя.

Единственным отечественным техническим средством, обеспечивающим эти функции, являются порционный счетчик молока весового принципа действия (ковшовый счетчик), который применяется при доении коров в залах. Этому устройству, как и зарубежным аналогам, присущи следующие недостатки: существенная погрешность измерений при высоких значениях интенсивности молоковыведения, что имеет место при доении современного высокопродуктивного поголовья коров; сложность эффективного промывания в автоматическом режиме; счетчики такого типа практически невозможно применять для установок со стойловым молокопроводом.

Таким образом, создание эффективных устройств оперативного мониторинга интенсивности молоковыведения является актуальной задачей.

Основная часть

Для определения индивидуальной продуктивности коров широко используются механические счетчики объемного принципа действия (ковшового и поплавкового типа) и устройства пропорционального отбора. Их недостатками являются: низкий уровень дискретизации измерений потока; значительная погрешность измерений при высокой интенсивности молокоотдачи; низкая мобильность и затрудненная интеграция в автоматические системы [1, 2, 3, 4].

Представленным на рынке средствам мониторинга интенсивности молоковыведения также присущ ряд недостатков, в том числе низкая точность измерений, а отечественные устройства на основе датчиков проточного типа отсутствуют. Лидером рынка таких устройств являются оптические (инфракрасные) сенсоры типа FFS-30 производства SCR [5, 6]. Датчик выполнен в виде трубки с изменяемой формой сечения (в зоне установки оптической группы трубка имеет прямоугольное сечение). Устройство компактное, не содержит движущихся механических частей, и не создает механических препятствий для свободного движения пульсирующего потока молока.



Рис. 1 – Общий вид макетного образца автоматического счетчика индивидуального надоя на базе емкостного датчика проточного типа с устройством для отбора проб

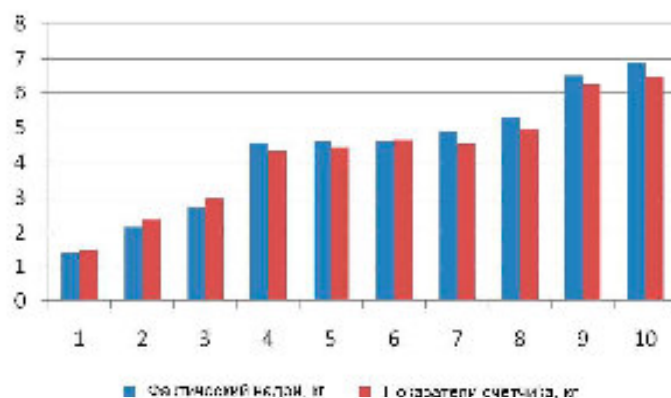


Рис. 2 – Сравнение фактического удоя и показателей макетного образца счетчика при доении в стойловый молокопровод в производственных условиях



Рис. 3 – Общий вид лабораторного стенда для исследований счетчика при доении в нижний молокопровод (лабораторная имитация доильного зала)

Фирмой ВЕСО разработан проточный датчик интенсивности молоковыведения емкостного принципа действия [7]. Характерной особенностью доильной аппаратуры ВЕСО есть значительный внутренний диаметр молокопроводного шланга доильного аппарата (22 мм в отличие от общепринятых 15–16 мм). К этому же типу устройств относятся проточные датчики интенсивности молоковыведения от Panazoo [8].

Известен также термоанемометрический измеритель потока молока [9], недостатком которого является повышенное энергопотребление, что важно при применении автономного энергоснабжения.

В ННЦ «ИМЭСХ» разработан макетный образец автоматического счетчика на базе проточного датчика расхода молока емкостного принципа действия [10, 11] (см. рис. 1), и ведется разработка автоматической системы учета индивидуального надоя для ферм со стойловым молокопроводом. Проведены производственные исследования по установлению точности показаний макетного образца счетчика при доении в стойловый молокопровод (см. рис. 2).

Также проведены лабораторные исследования работы счетчика в системе установки для доения коров в залах с нижним молокопроводом (см. рис. 3 и 4). Для исследований, проточный датчик счетчика подключали последовательно с ковшовым счетчиком.

Во время исследований были применены рациональные базовые программные настройки контроллера счетчика.

Средняя погрешность измерений при доении низкопродуктивного поголовья в производственных условиях (привязное содержание, доение в стойловый молокопровод), составила 5,7%. Во время лабораторных исследований зафиксировано систематическое отклонение показаний макетного образца счетчика в меньшую сторону, что обусловлено конструктивными отличиями

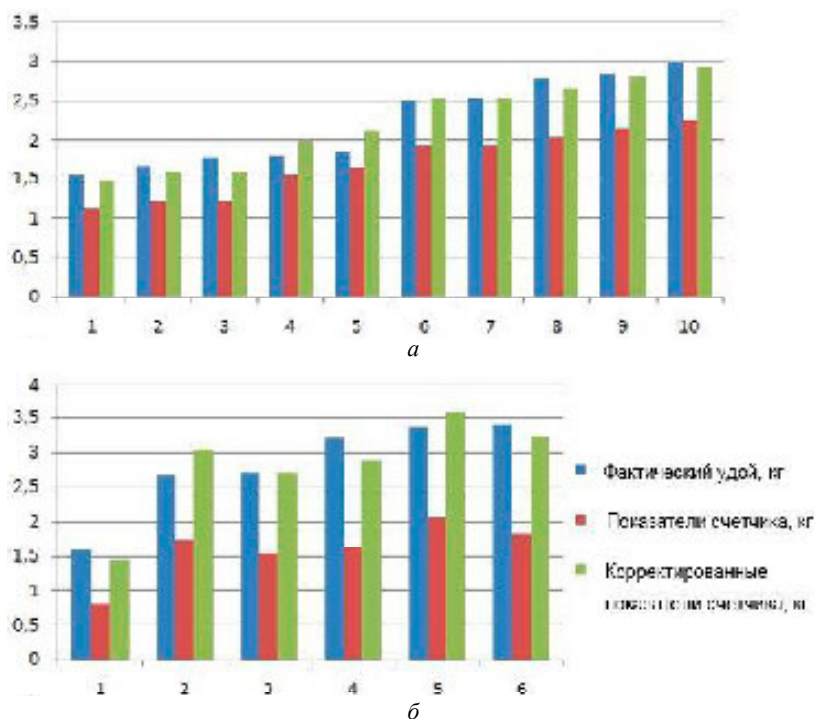


Рис. 4 – Сравнение фактического удоя и показателей макетного образца счетчика в системе установки для доения коров в залах с нижним молокопроводом: а – при интенсивности молоковыведения $1,666 \times 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$; б – при интенсивности молоковыведения $4,166 \times 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$.

лабораторного стенда, а именно использование нижнего молокопровода для имитации доильного зала. Также установлена систематическая зависимость показаний счетчика от интенсивности молоковыведения. Указанное систематическое отклонение корректируется внесением поправочного коэффициента, который при изменении интенсивности молоковыведения от $1,666 \times 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$ до $6,666 \times 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$ меняется соответственно от 1,299 до 1,750.

Заключение

Разработан счетчик молока на основе проточного датчика емкостного типа, который пригоден для определения интенсивности молоковыведения и ежедневного индивидуального надоя коров при доении как в доильном зале, так и в стойлах.

Список использованных источников

1. Патент US 4,231,324. Milk quantity meter / Peter Schletter (США).
2. Патент US 5,016,569. Automatic milk counter of milking unit / G.A. Moskvina (США).
3. Кирсанов В. В. Совершенствование технических средств учета молока на базе микропроцессорной техники / В. В. Кирсанов // Материалы научнотехнич. конф. по методам и техническим средствам, применяемым при испытаниях сельскохозяйственной техники. – М.: АГРОНИИЭТО, 1988 г.
4. Акупиан А. Н. К вопросу обоснования конструктивных параметров счётчика молока / А. Н. Акупиан // Достижения науки и техники АПК №12. – 2008. – С. 56–58.
5. URL: <http://www.scrdairy.com/milking-intelligence/freeflow-series.html>
6. URL: <http://www.delaval.ru/-/Product-Information1/Milking/Products/Milking-point/Milk-recording/MM25-SG>
7. URL: <http://www.becoknows.com>
8. URL: <http://www.panazoo.it/mmcompact-plus.html>
9. Дмитрів В. Т. Обґрунтування параметрів вимірювача потоку молока в процесі машинного доїння: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва» / В. Т. Дмитрів. – Київ, 1995. – 20 с.
10. Ткач В. В., Ткачук С. В. Обґрунтування принципу дії проточного датчика витрат молока ємнісного типу. Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодержавний зб.. ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2016. Вип. 3 (102). С. 113–119.
11. Ткач В. В., Ткачук С. В. Теоретичні основи лічильника молока на базі проточного датчика ємнісного типу. Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодержавний зб.. ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2018. Вип. 7 (106). С. 110–116.

УДК 631.372:629.114.4

Поступила в редакцию 25.10.2019
Received 25.10.2019

В. И. Скибчик, Л. И. Шаповал, Р. Б. Кудринский, В. И. Днесь

*Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства»
пгт. Глеваха, Васильковский р-н, Киевская обл., Украина*

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБОСНОВАНИЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ СРОКОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА МОБИЛЬНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

В статье раскрыта концепция стратегии адаптивного технического обслуживания и ремонта мобильной сельскохозяйственной техники, а также обозначены ее преимущества над известными подходами к организации ремонтно-обслуживающих работ. Раскрыты закономерности сезонной загрузки мобильной сельскохозяйственной техники в хозяйствах различных природно-производственных зон Украины. Раскрыт обобщенный алгоритм обоснования рациональных сроков технического обслуживания и ремонта мобильной сельскохозяйственной техники на основе стратегии адаптивного технического обслуживания и ремонта.

Ключевые слова: рациональные сроки, техническое обслуживание, ремонт, алгоритм, стратегия, сельскохозяйственная техника.

SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL BACKGROUNDS OF JUSTIFICATION OF RATIONAL TERMS OF MAINTENANCE AND REPAIR OF MOBILE AGRICULTURAL EQUIPMENT

The article discloses the concept of the strategy of adaptive maintenance and repair of mobile agricultural equipment, as well as its advantages over the well-known approaches to the organization of repair and maintenance work. The discloses of seasonal loading of mobile agricultural equipment in the farms of various natural production zones of Ukraine are revealed. A generalized algorithm has been developed to justify rational terms for maintenance and repair of mobile agricultural equipment based on the adaptive maintenance and repair strategy.

Keywords: rational terms, maintenance, repair, algorithm, strategy, agricultural equipment.

Введение

Низкий уровень технического оснащения сельскохозяйственных товаропроизводителей привел к увеличению нагрузки на технические средства, в частности, на мобильную сельскохозяйственную технику (МСТ). Несоблюдение условий эксплуатации МСТ, своевременного диагностирования и выполнения технического обслуживания снижают ее надежность. Простой МСТ из-за ее технического обслуживания и ремонта в периоды интенсивного выполнения механизированных работ влекут за собой растяжение сроков выполнения работ и, соответственно, потери урожая.

Одним из путей повышения эффективности использования МСТ и уменьшения потерь урожая из-за простоя неработоспособной техники является разработка и использование стратегии ее адаптивного технического обслуживания и ремонта (САТОР).

Основная часть

На сегодня доминирующей стратегией технического обслуживания и ремонта МСТ является планово-предупредительная [1]. Она предусматривает разработку годовых и месячных планов-графиков технического обслуживания и ремонта машин, определение количества плановых технических обслуживаний и ремонтов по каждой машине, находящейся на балансе хозяйства [1, 2, 3]. Основным недостатком планово-предупредительной стратегии технического обслуживания и ремонта МСТ является то, что техническое обслуживание или ремонт технического средства могут быть назначены на период с высокой интенсивностью выполнения сельскохозяйственных работ. Это приводит к непроизводительным простоям техники, которая ремонтируется, и, как следствие – к потерям урожая из-за увеличения сроков выполнения работ.

Предложенная нами стратегия адаптивного технического обслуживания и ремонта МСТ базируется на гипотезе о том, что в каждом сезоне выращивания продукции растениеводства существуют периоды низкой концентрации или отсутствия работ с использованием МСТ, а также периоды, в течение которых эти работы не могут выполняться (через агрометеорологические условия). В такие временные промежутки, при необходимости, целесообразно выполнять техническое обслуживание и ремонт МСТ. Вероятность появления и продолжительность указанных периодов, для условий данного сельхозтоваропроизводителя, можно прогнозировать [4, 5, 6, 7, 8].

Анализ МСТ в процессах выращивания продукции растениеводства показывает, что исполняемый ими сезонный объем механизированных работ имеет нестабильный характер с пиковыми весенними и осенними периодами (рис. 1).

Своевременность выполнения механизированных сельскохозяйственных процессов зависит от их энергообеспеченности, что отражается коэффициентом технической готовности сельхозтоваропроизводителя в определенный момент времени $t - K_{rz}(t)$ [9]:

$$K_{rz}(t) = \frac{N_c(t)}{N_z(t)}, \quad (1)$$

где $N_c(t)$; $N_z(t)$ – число единиц исправной и общее число техники, находящейся в эксплуатации на t -й момент времени, соответственно.

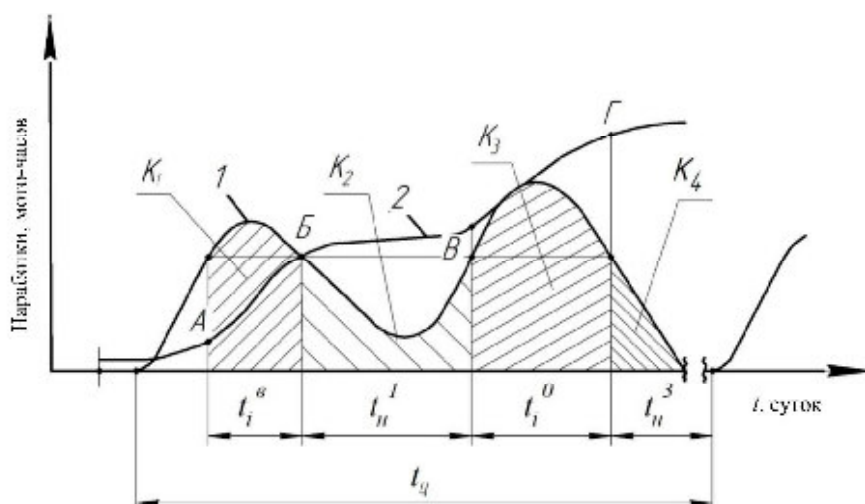


Рис. 1. – Графическая интерпретация планового сезонного объема механизированных работ в процессах выращивания продукции растениеводства (1) и аккумулятивного расхода топлива трактором (2):

t_i^e, t_i^o – продолжительность весеннего и осеннего периодов интенсивного использования тракторов, соответственно;
 t_n^l, t_n^s – продолжительность летнего и зимнего периодов неинтенсивного использования тракторов, соответственно;
 $t_{ц}$ – продолжительность сезонного цикла механизированных работ; A, B, B, Г – характерные моменты изменения интенсивности использования тракторов; K_1, K_2, K_3, K_4 – коэффициенты технической готовности трактора для весеннего, летнего, осеннего и зимнего периодов, соответственно

Учитывая изменчивость объема механизированных работ во времени, можно утверждать, что необходимый коэффициент технической готовности сельхозтоваропроизводителя тоже будет переменным. В частности, на периоды высокой интенсивности выполнения сельскохозяйственных работ (t_i^e, t_i^o , рис. 1) этот коэффициент должен быть высоким. Уменьшение $K_{rz}(t)$ приводит к снижению энергообеспеченности механизированных сельскохозяйственных процессов, что является причиной несвоевременности их выполнения, а затем потерь потенциального урожая (B_p):

$$B_p = f(N_3(t) \cdot K_{rz}(t)). \quad (2)$$

В результате выполнения техническим средством сельскохозяйственных работ в каждый сезон аккумулятивный (суммарный) расход горючего ним, характеризующий наработку, будет увеличиваться (кривая 2, рис. 1), а показатели работоспособности средства уменьшаться. В периоды высокой концентрации работ наработка МСТ будет расти стремительнее, соответственно работоспособность техники уменьшаться быстрее. Сезонный объем сельскохозяйственных работ зависит от природно-производственных характеристик Π_B сельхозтоваропроизводителя – характеристик производственных планов выращивания культур (площади полей, длины их гона, виды культур) по состоянию предмета труда (полей и растений на них). Соответственно можно утверждать, что наработка Gt является функцией природно-производственных характеристик Π_B сельхозтоваропроизводителя. Кроме того, наработку отдельной единицы МСТ определяют характеристики технического обеспечения T_n сельхозтоваропроизводителя – количественный и качественный состав парка МСТ:

$$Gt = f(\Pi_B, T_n). \quad (3)$$

Спрогнозировав сезонный наработок МСТ в условиях сельхозтоваропроизводителя, можно определить необходимость проведения ремонтно-обслуживающих работ в сезон. Рациональные сроки выполнения ремонтно-обслуживающих работ МСТ с учетом природно-производственных характеристик сельхозтоваропроизводителя и характеристик его технического обеспечения можно обосновать на основе САТОР. Рассмотрим более подробно этапы формирования САТОР (рис. 2).



Рис. 2. – Обобщенный алгоритм обоснования рациональных сроков технического обслуживания и ремонта мобильной сельскохозяйственной техники на основе САТОР

Первыми двумя этапами формирования САТОР (рис. 2) предусматривается идентифицировать природно-производственные и агрометеорологические условия выращивания продукции растениеводства сельхозтоваропроизводителем. Если природно-производственные условия в течение сезона являются относительно неизменными и планируются заранее, то агрометеорологические условия являются изменчивыми в течение как всего сезона, так и отдельных суток. Для определения вероятности появления и продолжительности периодов, в которые невозможно выполнять те или иные сельскохозяйственные работы с агрометеорологических причин, следует создать их математические модели. Не вдаваясь в методологию создания и использования таких моделей [4, 5, 6, 7, 10], необходимо отметить, что они базируются на многолетних ретроспективных данных по изменению агрометеорологических показателей на территории данного сельхозтоваропроизводителя.

Третьим этапом (рис. 2) для обоснования рациональных сроков технического обслуживания и ремонта МСТ на основе САТОР предусматривается анализ ремонтно-эксплуатационных показателей (остаточный ресурс, наработка) заданной единицы МСТ сельхозтоваропроизводителя. Результатом его реализации являются текущие значения остаточного ресурса и наработка каждой единицы МСТ сельхозтоваропроизводителя. Это является отправной точкой для дальнейшего статистического имитационного моделирования процессов сезонного использования МСТ сельхозтоваропроизводителем и прогнозирования изменения остаточного ресурса и наработки техники.

На этапе 4 (рис. 2) выполняется статистическое имитационное моделирование процессов сезонного использования МСТ сельхозтоваропроизводителем. Предварительно для этого следует разработать соответствующую компьютерную модель. Статистическая имитационная модель процессов сезонного использования МСТ сельхозтоваропроизводителем должна: посезонно формировать объемы механизированных работ в соответствии с заданными исходными данными природно-производственных характеристик сельхозтоваропроизводителя и характеристик его технического обеспечения; моделировать агрометеорологические условия периода выполнения механизированных работ; формировать сезонную календарную ось с ненастными промежутками времени, в которые выполнение механизированных работ невозможно; воспроизводить процессы выполнения механизированных сельскохозяйственных работ каждым техническим средством МСТ сельхозтоваропроизводителя и моделировать изменение их остаточного ресурса и наработки; определять сезонные периоды с низкой интенсивностью выполнения сельскохозяйственных работ МСТ; формировать множество возможных вариантов адаптивных планов сезон-

ного технического обслуживания и ремонта каждой единицы МСТ; генерировать технико-экономические показатели адаптивных планов сезонного технического обслуживания и ремонта каждой единицы МСТ.

Этапом 5 (рис. 2) предполагается обработка и анализ результатов статистического имитационного моделирования процессов сезонного использования МСТ сельхозтоваропроизводителем, стоимостное оценивание реализации возможных адаптивных планов технического обслуживания и ремонта каждой единицы МСТ по полученным технико-экономическим показателям.

На этапе 6 (рис. 2) выполняется обоснование рационального сезонного адаптивного плана технического обслуживания и ремонта МСТ по критерию минимума совокупных затрат средств при реализации САТОР. Совокупные затраты средств при реализации САТОР учитывают затраты на выполнение технического обслуживания и ремонта r -й единицы МСТ ($З_{ТОР_r}$), стоимость потерь потенциального урожая (B_r), вызванных несвоевременным выполнением механизированных сельскохозяйственных работ r -й единицей МСТ через ее неработоспособность, затраты средств через недоиспользование технического ресурса r -й единицей МСТ ($З_{P_r}$):

$$B_{\Sigma} = \sum_r (З_{ТОР_r} + B_r + З_{P_r}) \rightarrow \min. \quad (4)$$

Реализация разработанного алгоритма обоснования рациональных сроков технического обслуживания и ремонта мобильной сельскохозяйственной техники на основе САТОР позволит выполнять техническое обслуживание и ремонт МСТ в периоды низкой концентрации или отсутствия механизированных работ, обоснованные с учетом природно-производственных характеристик сельхозтоваропроизводителя, характеристик его технического обеспечения и агрометеорологических условий.

Заключение

Итак, действующая планово-предупредительная стратегия технического обслуживания и ремонта техники не учитывает периоды высокой интенсивности выполнения сельскохозяйственных работ, обусловленные природно-производственными характеристиками сельхозтоваропроизводителя, характеристиками его технического обеспечения и агрометеорологических условий. Это является основанием разработки и использования стратегии адаптивного технического обслуживания и ремонта мобильной сельскохозяйственной техники.

Установлено, что основными факторами, которые обуславливают потребность технического обслуживания и ремонта техники является ее остаточный ресурс и наработка, а факторами, которые определяют возможные периоды технического обслуживания и ремонта техники – природно-производственные и агрометеорологические характеристики сельхозтоваропроизводителя. Прогнозирование влияния обоснованных факторов на процессы использования мобильной сельскохозяйственной техники лежит в основе обоснования рациональных сроков ее технического обслуживания.

Формирование стратегии адаптивного технического обслуживания и ремонта мобильной сельскохозяйственной техники базируется на статистическом имитационном моделировании процессов сезонного использования техники сельхозтоваропроизводителем. Такая модель должна учитывать природно-производственные характеристики сельхозтоваропроизводителя, характеристики его технического обеспечения, агрометеорологические условия и генерировать технико-экономические показатели множества возможных вариантов адаптивных планов сезонного технического обслуживания и ремонта каждой единицы техники.

Установлено, что критерием обоснования рационального сезонного адаптивного плана технического обслуживания и ремонта мобильной сельскохозяйственной техники является минимум совокупных средствозатрат при реализации соответствующей стратегии. Совокупные затраты средств должны учитывать расходы на выполнение технического обслуживания и ремонта техники, стоимость потерь потенциального урожая, вызванных несвоевременным выполнением механизированных сельскохозяйственных работ техникой через ее неработоспособность, и расходы средств через недоиспользование технического ресурса техники.

Список использованных источников

1. ГОСТ 18322-78 (СТ СЭВ 5151-85) Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения. – Москва: Издательство стандартов, 1991. – 21 с.
2. Новицький, А. В. Моніторинг тенденцій розвитку системи технічного обслуговування і ремонту сільськогосподарської техніки / А. В. Новицький / Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. Науковий журнал, Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка. – 2014. – С. 41–48.
3. Молодик, М. В. Обґрунтування правил призначення ремонтно-обслуговуючих робіт для забезпечення надійності сільськогосподарської техніки / М. В. Молодик, О. В. Смахнюк / Вісник ХНТУСГ імені Петра Василенка. – 2010. – Вип. 96. – С. 3–10.
4. Сидорчук, О. В. Аналіз методів дослідження та моделей подій у проектах на різних етапах планування збирання ранніх зернових. / О. В. Сидорчук, В. І. Днесь, В. І. Скібчик / Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. Науковий журнал. Луцьк, ЛНТУ. – 2011. – №7. – С.141–144.
5. Днесь, В. І. Прогнозування дат досягання ранніх зернових культур на основі моделювання / В. І. Днесь, В. І. Скібчик, С. Г. Жуль / Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвід. темат. наук. зб. Глеваха. – 2014. – Т. 2, Вип. 99. – С. 384–391.
6. Сидорчук, О. В. Аналіз процесу формування добового організаційно-відкоригованого фонду робочого часу на виконання післязбиральної обробки зерна / О. В. Сидорчук, В. І. Днесь, В. І. Скібчик / Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь: тези доп. II Всеукраїнська наук.-практ. конф. Житомир: ЖАТК. – 2016. – С. 61–64.
7. Сидорчук, О. В. Подієвий підхід до моделювання агрометеорологічних умов під час збирання ранніх зернових культур / О. В. Сидорчук, В. І. Днесь, В. І. Скібчик / Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС 2016: тези доп. Одинадцяті Міжнародної наук.-практ. конф. Чернівці: ЧДІТУ. – 2016. – С. 59–63.
8. Kudrynetskyi, R. Methodical principles of modeling of subject-agrometeorological events in technological processes growing of grain crops / R. Kudrynetskyi, V. Dnes, V. Skibchik // ТЕКА. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering. Lublin-Rzeszow. – 2018. – Vol. 18. No. 3. – Pp. 129–139.
9. Молодик, М. В. Наукові основи системи технічного обслуговування і ремонту машин у сільському господарстві / М. В. Молодик. – Кіровоград: КОД, 2009. – 180 с.
10. Сидорчук, О. В. Реформування сільськогосподарських підприємств і параметри сервісних систем / О. В. Сидорчук, В. М. Боярчук, А. М. Тригуба, І. М. Бендера, С. Р. Сенчук / Зб. наук. праць, № 10. – Кам'янець-Подільський: Ред.-вид. відділ ПДАТА. – 2002. – С. 221–223.

УДК 631.937.33

Поступила в редакцію 25.10.2019

Received 25.10.2019

С. О. Маранда

*Національний научний центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»,
пгт Глеваха, Україна,*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ БИОМАТЕРИАЛА НА ПОЛЕ ПРИ РАССЕЛЕНИИ ТРИХОГРАММЫ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ

В статье рассматривается проблема повышения качества сельскохозяйственной продукции растениеводства за счет внедрения метода биологической защиты растений от вредителей.

Для решения данной задачи проведены теоретические исследования процесса полета частицы биоматериала и проведена экспериментальная проверка дозирующе-высевающего устройства (ДВУ) беспилотного летательного аппарата для расселения трихограммы по определению распределения биоматериала на поле.

Ключевые слова: дозирующе-высевающее устройство, эжектор, беспилотный летательный аппарат, биологическая защита растений, расселение трихограммы, норма расселения, ширина захвата.

S. O. Maranda

*National Science Center "Institute of Agricultural Mechanization and Electrification",
Glevakha Township, Ukraine,*

RESEARCH OF THE PROCESS OF DISTRIBUTION OF BIOMATERIAL ON THE FIELD AT THE RESERVATION OF THE TRIGROGRAM BY AN UNMANNED AIRCRAFT

The article deals with the problem of improving the quality of agricultural crop production due to the introduction of biological protection of plants from pests.

To solve this problem, theoretical studies of the process of flight of a particle of biomaterial were carried out and an experimental verification of the dosing and seeding device of an unmanned aerial vehicle for settling the trichogram was performed to determine the distribution of biomaterial on the surface of the field.

Keywords: dosing sowing device, ejector, unmanned aerial vehicle, biological protection of plants, reshaping of trichograms, norm of settlement, with of capture.

Вступление

Качество сельскохозяйственной продукции растениеводства зависит от ухода за растениями, а именно защиты от вредителей, болезней и сорняков. В мире все больше предприятий внедряет органическое земледелие, требует запрета использования в растениеводстве химических препаратов и особенно пестицидов. Альтернативой химической защите растений от вредителей является биологический метод, заключающийся в использовании биологических средств борьбы с вредными организмами. Таким биологическим средством, широко используемым в борьбе с вредителями, является трихограмма, применяемая как на полях, так в садах и виноградниках против ряда вредителей, среди которых листовертки, плодожорки и другие. Для качественной борьбы трихограммы с вредителями ее расселяют на площади поля с определенной плотностью, зависящей от дозы и равномерности расселения. Для обеспечения необходимой дозы и равномерности распределения, нужны высокопроизводительные технические средства, которые, в процессе расселения трихограммы, не будут повреждать как полезных насекомых, так и сами растения сельскохозяйственных культур.

В последние годы были разработаны технические средства для механизированного расселения трихограммы для беспилотной авиации. По анализу практического применения существующих средств видно, что у них наблюдаются недостатки такие, как повреждение материала и некачественное распределение на поле. Это обусловлено несоблюдением агротехнических требований. Поэтому конструкция дозирующе-высевающего устройства для расселения трихограммы, должна соответствовать жестким требованиям по дозировке и распределению биоматериала на поле, иметь сравнительно простую форму конструкционного исполнения, а также малый вес.

Необходимо отметить, что, при механизированном расселении, трихограмма находится в стадии куколки. Производство насекомых для борьбы с вредителями происходит путем заражения трихограммой яиц зерновой моли, в которых она развивается. Поэтому в агропромышленном производстве, на поля сельскохозяйственных культур, вносят яйца зерновой моли, зараженные трихограммой. Через определенный промежуток времени из куколки рождается трихограмма, прогрызая оболочку яйца, насекомое выходит наружу. Расселение трихограммы в стадии куколки имеет преимущества, поскольку есть возможность отмерить порционность и запас времени на проведение данной процедуры.

Расселение трихограммы – сложный процесс, включающий дозирование биоматериала и его распределение на поле. Процедура осложняется тем, что расселение трихограммы необходимо осуществлять малыми нормами, находящимися в пределах 1–8 г/га. В связи с этим, для повышения равномерности расселения трихограммы, используют наполнитель. Наиболее близкими по физико-механическим свойствам к яйцам зерновой моли, зараженными трихограммой, является манная крупа.

Изучив физико-механические свойства яиц зерновой моли, авторы работ [1–3] установили, что их длина находится в пределах 0,55–0,65 мм, а ширина – 0,25–0,35 мм, по форме они похожи на эллипсоид. Скорость витания яйца находится в пределах 0,5–1,5 м/с. Коэффициент парусности находится в пределах 2,7–61,3 1/м.

23% яиц зерновой моли, зараженных трихограммой, имеют скорость витания 0,74 м/с и коэффициент парусности 17,9 1/м. Объемная плотность зависит от стадии развития трихограммы и за один-два дня к возрождению энтомофага составляет 0,35–0,55 г/см³. Количество яиц в 1 г достигает в среднем 80–96 тыс. шт., Абсолютная масса 1000 шт. яиц – 0,0104 г. Нагрузка на сжатие не должна превышать 0,1 кПа. В случае удара яйца о препятствие со скоростью 20 м/с – трихограмма не возрождается [1–3].

Основная часть

Как было отмечено, эффективность трихограммы зависит от равномерности ее распределения на поле. Распределение материала на поле зависит от дальности полета частицы, движение которой предоставляет воздушный поток, проходящий в канале дозирующе-высевающего

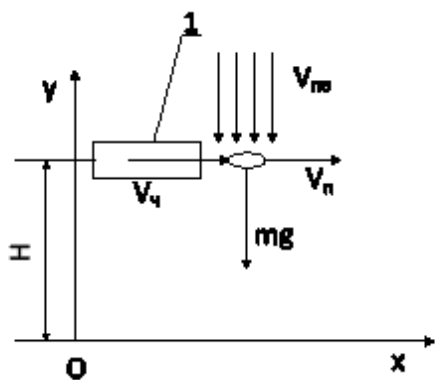


Рис. 1. – Схема сил, действующих на яйцо зерновой моли

устройства. Для определения дальности полета частицы были проведены теоретические исследования процесса распределения биоматериала на поле.

На яйцо зерновой моли, вылетающее из раструба ДВУ (1) со скоростью $V_{\text{ч}}$, перемещаемое на высоте H действует сила тяжести mg . Кроме этого, на него действует воздушный поток от пропеллеров квадрокоптера $V_{\text{пв}}$ и сопровождающий поток $V_{\text{н}}$, проходящий через ДВУ (рис. 1).

Схема сил представляет систему дифференциальных уравнений (1).

$$\begin{cases} \frac{md \cdot V_x}{dt} = -\frac{mg}{V_{\text{вум}}} \cdot (V_x - V_n) \\ \frac{md \cdot V_y}{dt} = -mg - \frac{mg}{V_{\text{вум}}} \cdot V_{\text{нв}} \end{cases}, \quad (1)$$

где $V_{\text{вум}}$ – скорость витания частицы, м/с.

Сокращаем оба уравнения системы на m и сводим к общему знаменателю, получаем уравнение:

$$\begin{cases} \frac{dV_x}{dt} = \frac{V_n g}{V_{\text{вум}}} - \frac{V_x g}{V_{\text{вум}}} \\ \frac{dV_y}{dt} = -g - \frac{V_{\text{нв}} g}{V_{\text{вум}}} \end{cases}.$$

Проведя ряд преобразований, получаем уравнение (2):

$$x_1(t) = \frac{-V_{\text{вум}}}{g} \cdot e^{\frac{-g}{V_{\text{вум}}} \cdot t} \cdot (V_{\text{нв}} - V_{\text{вум}}) + V_{\text{нв}} \cdot t + C_1. \quad (2)$$

Учитывая, что $V_n = V_0$, получаем уравнение:

$$x_1(t) = V_n \cdot t + C_1.$$

При начальных условиях: $x_1(t) = V_n \cdot t$, получаем уравнение:

$$y_1(t) = (V_{\text{нв}} + V_{\text{вум}}) \cdot \left(t - \frac{V_{\text{вум}}}{g} \cdot e^{\frac{g}{V_{\text{вум}}} \cdot t} \right) + C_1,$$

$$y_1(0) = H$$

$$y_1(t) = (V_{\text{нв}} + V_{\text{вум}}) \cdot \left(t - \frac{V_{\text{вум}}}{g} \cdot \text{sh} \left(\frac{g}{V_{\text{вум}}} \cdot t \right) \right) + H. \quad (3)$$

Уравнения (2, 3) были вычислены на ПК с помощью программного продукта Mathcad при следующих условиях: $V_{\text{вум}} = 0,5-1,5$ м/с; $H=5$ м; $V_{\text{пв}} = 5$. На графиках изображена траектория движения частицы.

Для проверки качества распределения биоматериала на поле при биологической защите растений, в лабораторно-полевых опытах было использовано дозирующе-высевающее устройство со сплошным распределением материала, которые состоит из конфузора, дозатора, раструба-распылителя, расположенного над дозатором бункера для биоматериала (см. рис. 3) [4–7].

Для проведения опытов, высевающее устройство монтировалось на подвес, специально разработанный для квадрокоптера DJI Phantom 4 (см. рис. 4).

Опыты проводились на специальном участке без насаждений. Земельный участок должен быть ровный. Высота травостоя должна быть не более 50 мм.

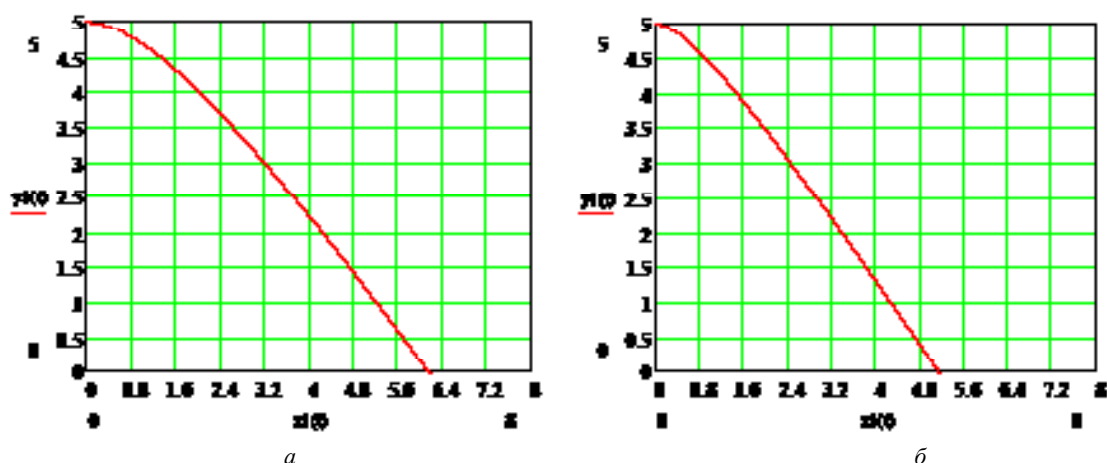


Рис. 2. – Траектория движения частицы биоматериала в зависимости от скорости витания:
а – скорость витания 1,5 м/с; *б* – скорость витания 0,5 м/с

Исходя из заданной нормы расхода, расчетной ширины захвата и рабочей скорости движения дозирующе-высевающего устройства, вычисляют секундный расход трихограммы.

В соответствии с нормой расхода материала, дозатор устройства устанавливают на требуемый расход трихограммы. После этого определяют фактический расход трихограммы и, при необходимости, корректируют его. Полученная норма и является фактически установленной.

Расселение трихограммы проводят при скорости ветра не более 5 м/с.

Определение показателей расселения трихограммы по эффективной ширине захвата проводится в количестве, установленном на подстилочной поверхности площадью в 1 м².

Улавливание трихограммы осуществляется в деки размером 0,5×0,5×0,05 м, которые используются при оценке работы машины для внесения жидких и сыпучих удобрений.



Рис. 3. – Дозирующе-высевающее устройство для расселения трихограммы



Рис. 4. – Подвес дозирующе-высевающего устройства на квадрокоптер DJI Phantom 4

Размещение дек в рядах проводят на расстоянии, превышающем расчетную ширину захвата на 25%.

Для повышения точности (особенно на минимальных нормах расселения) опыт проводится через осуществление двух или трех проходов по одной и той же линии.

Изучение характеристик распределения-определения неравномерности и эффективной ширины захвата, производится в соответствии со стандартом [8]. Критерием для определения эффективной ширины захвата является показатель плотности расселения.

По количеству распределения биоматериала по ширине захвата строят графики распределения, где на оси абсцисс откладывают расстояния до исследуемых точек в метрах, на оси ординат - количественное распределение трихограммы.

Отклонение нормы расселения энтомофагов в граммах, в минуту, от фактически установленной, определяют, проводя специальные опыты.

Задают нормы расхода биоматериала в соответствии с расчетной ширины захвата и определяют скорость движения агрегата пробным заездом.

Вычисляют нужный расход энтомофагов в граммах, в минуту, через дозирующее устройство.

Налаживают на этот расход дозатор биоматериала, и определяют фактический расход контрольными замерами.

Для проведения опытов был выбран участок поля длиной 100 м и шириной 20 м (см. рис. 5). На этом участке были размещены через 0,5 метра деки размером 0,5×0,5×0,05 м.



Рис. 5. – Опытный участок поля

Лабораторно-полевые опыты проводились в солнечную погоду. Ветер - южный порывистый до 4,5 м/с. Высота полета квадрокоптера составляла 5 м, скорость полета – 5 м/с.

В конструкции дозирующе-высевающего устройства, во время проведения опытов, конфузор имел входной диаметр 50 мм, а диаметр отверстия мембраны дозатора – 2,5 мм.

Т а б л и ц а – Распределение материала на поле, шт./м²
(Диаметр отверстия мембраны дозатора – 2,5 мм, скорость полета – 5 м/с)

1		Номер измерительной деки											
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Высота полета – 5 м													
Номер опыта	1	0	3	7	33	36	36	37	36	31	6	0	0
	2	0	1	9	29	36	38	38	37	34	8	2	0
	3	0	0	5	32	37	40	40	36	30	6	4	0
Среднее		0	1,33	7	31,33	36,33	38	38,33	36,33	31,67	6,67	2	0

Опыты проводились по следующей методике: в дозатор ДВУ устанавливали мембрану на заданную норму высева диаметром 2,5 мм, после чего засыпался биоматериал. Квадрокоптер запускали на месте старта в начале линии полета, проходящей по центру опытного участка. Дрон поднимали на заданную высоту и, с заданной равномерной скоростью, он пролетал над исследовательским участком. Опыты проводились с трехкратной повторяемостью. После чего проводился визуальный подсчет количества частиц исследовательского материала в каждом квадрате зачетного участка. Результаты опытов приведены в таблице и на рис. 6.

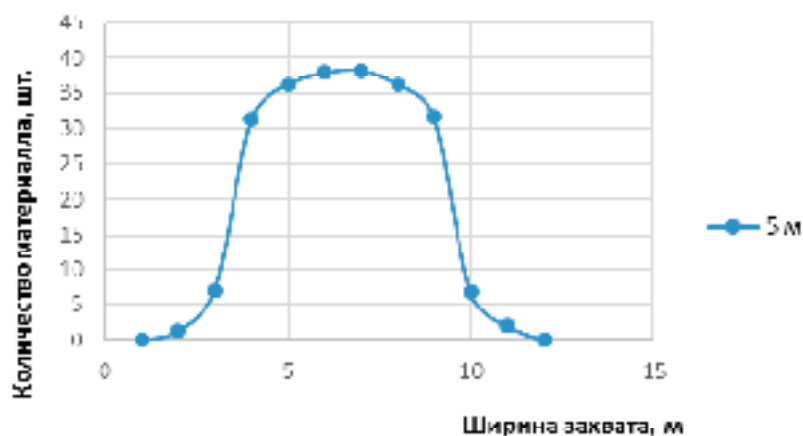


Рис. 6. – График распределения материала при скорости полета 5 м/с

По данным таблицы построен график распределения материала (рис. 6).

Для установления рабочей ширины захвата было определено оптимальное перекрытие (рис. 7).

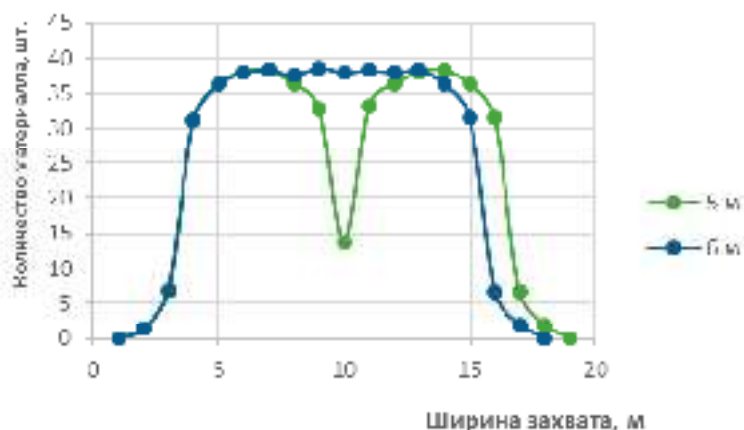


Рис. 7. – График распределения материала с перекрытием

Заключение

Из графиков распределения установлено, что максимальное расстояние нахождения частицы материала от линии пролета не превышает 6 м. Через действие воздушного потока от пропеллеров квадрокоптера, ширина распределения материала существенно уменьшается и диаграмма идентична перевернутой параболе.

Для повышения качества распределения материала обрабатывать поле необходимо с перекрытием 6 м.

Анализируя проведенные опыты, можно сделать вывод, что для качественного распределения материала, высота полета не должна быть меньше 5 м от поверхности растения, скорость полета – 5–10 м/с, а перекрытие – 6 м.

Список использованных источников

1. Абашкин А. С. К совершенствованию средств механизации расселения трихограммы. А. С. Абашкин, Б. Б. Кику, А. И. Гончарук. // Трихограмма в защите растений. – М.: Агропромиздат, – 1988. – С. 93–103.
2. Аленчикова Т. Ф. Биологическая оценка качества работы расселителя трихограммы. Т. Ф. Аленчикова // Актуальные вопросы создания машин для внесения удобрений и защиты растений: сб. науч. тр. / Науч.-произв. об-ние по с. х. машиностроению. – М., – 1988. – С. 65–68.
3. Инструкция по наземному механизированно расселения трихограммы / Ш. М. Гринберг, Л. П. Зильберг, Б. В. Пынзарь и др. – М., 1985.
4. Адамчук В. В. Обоснование дозатора летательных аппаратов для расселения трихограммы. В. В. Адамчук, С. А. Маранда // Механизация и электрификация сельского хозяйства: общегосударственный сборник / ННЦ «ИМЕСГ». – Глеваха, 2018. – № 7 (106). – С. 27–36.
5. Адамчук В. В., Беспилотные летательные аппараты в растениеводстве. В. В. Адамчук, С. А. Маранда, В. Г. Мироненко // Вестник аграрной науки / 2015 – № 8. – С. 35–39.
6. Мироненко В. Г. Перспективы использования беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве Украины. В. Г. Мироненко, С. А. Маранда // MOTROL Motorization and power industry in agriculture / – Lublin, – 2011. – Т. 13 В. – С. 25–35.
7. Маранда С. А. Экспериментальная проверка дозирующее-высевающего устройства беспилотного летательного аппарата для расселения трихограммы. С. А. Маранда // Механизация и электрификация сельского хозяйства : общегосударственный сборник / ННЦ «ИМЕСГ». – Глеваха, 2019. – № 9 (108). – С. 61–71.
8. Испытания сельскохозяйственной техники «Опрыскиватели, опылители и рассеиватели энтомофагов, машины для приготовления и транспортировки рабочей жидкости. Методы испытаний». СОУ 74.3.37.137:2004. – Киев: Минагрополитики Украины, – 2006.

УДК 631.363.2

Поступила в редакцию 29.10.2019
Received 29.10.2019

Н. А. Воробьев, С. А. Дрозд

*УО «БГАУ»
г. Минск, Республика Беларусь*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБА ДВУХСТАДИЙНОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ЗЕРНА

В статье приводятся результаты экспериментальных исследований. Представлены оптимальные режимы работы оборудования. Приводятся результаты производственной проверки и экономической оценки применения двухстадийного измельчения зерна.

Ключевые слова: двухстадийное измельчение, вальцовый измельчитель, молотковый измельчитель, концентрированные корма, измельчение зерна.

N. A. Vorobiev, S. A. Drozd

*BSTU
Minsk, Republic of Belarus*

EXPERIMENTAL STUDY OF THE METHOD FOR TWO-STAGE GRINDING

The article presents the results of experimental studies. Presents the optimal modes of operation. The results of production testing and economic evaluation of the application of two-stage crushing of grain.

Keywords: two-stage grinding, roller shredder, hammer shredder, concentrated feed, grain grinding.

Введение

В Республике Беларусь в среднем за последние 10 лет собирается ежегодно 8,1 млн. тонн зерна, из них около 3 млн. тонн идут на кормовые цели, в том числе для производства комбикормов [1]. Важнейшей технологической операцией производства комбикорма является измельчение зерна [2].

Применяемые в настоящее время технические средства для измельчения зерна имеют высокие удельные энергозатраты [3].

Данный недостаток может быть решен путем применения новых способов измельчения, одним из которых является комбинированное воздействие различными рабочими органами, например, двухстадийным измельчением. Нами был предложен способ измельчения зерна, в котором процесс измельчения зерна проходит за две ступени, где на первой ступени осуществляют деформацию зерна сжатием и сдвигом до величины, исключающей компрессионное сжатие с последующим разрушением зерна ударом на второй ступени [4].

Основная часть

Предложенный способ реализован устройством, состоящим из вальцового измельчителя на первой стадии измельчения и служащего для создания дефектной структуры в зерне и молоткового измельчителя с вертикальной осью вращения на второй стадии измельчения служащего для окончательного измельчения зерна. Подобное расположение молоткового ротора позволяет осуществлять ввод зерна в молотковую секцию одновременно в нескольких загрузочных отверстиях, что позволит значительно увеличить подачу зерна и обеспечивает равномерную нагрузку на измельчающий механизм. При этом для обеспечения работы оборудования производительность второй стадии измельчения должна быть больше первой [4].

Наибольшее влияние на процесс измельчения оказывает параметр – величина межвальцового зазора (b), для первой стадии измельчения, и параметр – диаметр отверстий в решетке (d), для второй стадии измельчения. Для получения оптимальных значений выше приведенных параметров и подтверждения эффективности предложенного способа измельчения зерна были проведены экспериментальные исследования.

Параметры оценки функциональных показателей процесса двухстадийного измельчения зерна были приняты в соответствии с ТКП 273- 2010 [5].

Для определения влияния межвальцового зазора первой стадии измельчения и диаметра отверстий в решетке второй стадии измельчения на (Q) производительность y_1 , т/ч; (q) удельные энергозатраты y_2 , кВт ч/т·мм; ($\lambda_{изм}$) степень измельчения y_3 ; (L_s) средневзвешенный размер частиц y_4 , мм; (V) однородность измельченного продукта (коэффициент вариации) y_5 , %; (K) показатель качества измельченного зерна (для свиней – $y_6(K_{св})$; для КРС – $y_7(K_{крс})$; для птицы в возрасте до 17 недель – $y_8(K_{пт})$), % при двухстадийном измельчении зерна ячменя с влажностью менее 14% был проведен двухфакторный эксперимент:

$$(Q, q, \lambda_{изм}, L_s, V, K) = f(b, d). \quad (8)$$

Уровни и значения факторов, которые варьировались при проведении эксперимента, приведены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1. – Значение факторов x_1 и x_2 в кодированном и натуральном виде

Факторы	Обозначение	Интервал варьирования	Уровни факторов		
			-1	0	+1
Межвальцовый зазор, мм	X_1	1,0	0,5	1,5	2,5
Диаметр отверстий в решетке, мм	X_2	1,5	3	4,5	6

Обработка экспериментальных данных позволила получить адекватные регрессионные модели, описывающие влияние межвальцового зазора первой стадии измельчения и диаметра отверстий в решетке второй стадии измельчения на производительность – $y_1 = 0,56 - 0,16X_1 + 0,06X_2 - 0,02X_1X_2 - 0,09X_1^2$; удельные энергозатраты – $y_2 = 5,99 + 0,45X_1 - 1,57X_2 - 0,40X_1X_2 + 1,10X_1^2 + 0,37X_2^2$; степень измельчения – $y_3 = 2,17 - 0,25X_1 - 0,28X_2$; средневзвешенного размера частиц – $y_4 = 1,53 + 0,17X_1 + 0,21X_2 + 0,05X_1X_2 + 0,05X_2^2$; однородность продукта (коэффициента вариации) – $y_5 = 5,84 - 1,09X_1 - 1,39X_2$; показателя качества измельченного зерна для откорма

свиней $-y_6 = 77,68 - 9,54X_1 - 11,83X_2 - 2,60X_1X_2 + 3,06X_1^2 - 2,72X_2^2$; КРС $-y_7 = 18,41 + 7,29X_1 + 8,91X_2 + 0,16X_1X_2 - 3,57X_1^2 + 0,87X_2^2$; птицы в возрасте до 17 недель $-y_8 = 80,92 + 2,70X_1 + 2,78X_2 - 3,00X_1X_2 - 2,62X_1^2$.

Для выбора оптимальных параметров значения межвальцового зазора первой стадии измельчения и диаметра отверстия в решетке второй стадии измельчения необходимо решение компромиссной задачи путем многокритериальной оптимизации. В качестве критерия оптимизации будут выступать удельные энергозатраты, которые должны стремиться к минимуму и коэффициент качества измельчения зерна для откорма свиней, который будет выставляться в диапазоне 60%...95%. Целевая функция с функциональными и факторными ограничениями достигает минимума при условии:

$$\begin{cases} y_2(q) \rightarrow \min \\ y_6(K_{св}) = 60\% \dots 95\% \\ -1 \leq x_i \leq +1 \end{cases} \quad (9)$$

Данные многокритериальной оптимизации измельчения зерна при производстве корма для свиней представлены в таблице 2 вместе с сравнительными данными по измельчению зерна молотковым измельчителем одностадийным способом.

Т а б л и ц а 2. – Данные по оптимизации двухстадийного измельчения зерна при производстве кормов для откорма свиней и сравнительный анализ с одностадийным

Показатель качества не менее $K_{св}$, %	Двухстадийное измельчение				Молотковое измельчение		Отличие +/-	
	Q , т/ч	q , кВт·ч/т	Оптимальные режимы		Q , т/ч	q , кВт·ч/т	Q , %	q , %
			b , мм	d , мм				
95	0,55	7,55	0,51	3,52	Не обеспечивает		-	-
90	0,63	6,61	0,52	4,49	Не обеспечивает		-	-
85	0,65	6,08	0,68	4,87	Не обеспечивает		-	-
80	0,65	5,65	0,86	5,17	Не обеспечивает		-	-
75	0,66	5,29	1,01	5,49	Не обеспечивает		-	-
70	0,65	5,01	1,14	5,81	0,28	8,9	+132	-44
65	0,64	4,80	1,35	6,00	0,29	7,6	+121	-37
60	0,56	4,79	1,48	6,00	0,30	7,7	+87	-38

Анализ данных представленных в табл. 2 позволил сделать выводы о целесообразности измельчения зерна двухстадийным способом с получением показателя качества измельчения не ниже 70%.

Также получено экспериментальное значение целевой функции минимизации удельных энергозатрат измельчения зерна при приготовлении кормов для птицы в возрасте до 17 недель $y_{1min}(q_{min}) = 4,8$ кВт·ч/т и показателем качества измельчения $y_8(K_{пт}) = 83\%$, которые одновременно выполняют все принятые ограничения. Приведя в размерную форму значения факторов, были получены следующие их оптимизационные значения: межвальцовый зазор первой ступени измельчения $b = 1,5$ мм; диаметр отверстий в решетке $d = 6,0$ мм. Для сравнения молотковое измельчение 75% зерна одностадийным способом при значении показателя качества измельчения для откорма птицы в возрасте до 17 недель дает следующие значения: удельных энергозатрат – 7,5 кВт·ч/т.

Применение двухстадийного измельчения позволяет снизить удельные энергозатраты процесса на 36% – по сравнению с одностадийным перемолом зерна на корм свиньям и птицы в возрасте до 17 недель. При этом наблюдается рост производительности второй ступени измельчения более чем в два раза и рост показателей качества измельчения зерна на 13% и 8% соответственно для свиней и птицы в возрасте до 17 недель. Мало того, двухстадийное измельчение позволит повысить показатель качества перемола более чем на 27% по сравнению с одностадийным молотковым измельчением.

Наши исследования по измельчению различных зерновых культур с влажностью до 14% двухстадийным способом показали снижение удельных энергозатрат и повышение показателя качества по сравнению с молотковым измельчением: для зерна ржи удельные энергозатраты снизились с 8,6 до 5,4 кВт·ч/т, показатель качества вырос с 67% до 82%; для зерна тритикале с 7,9 до 5,1 кВт·ч/т и с 70% до 85% соответственно, для зерна овса с 10,4 до 9,2 кВт·ч/т и с 60% до 77% соответственно.

Для оценки фактического экономического эффекта от использования технологии и оборудования для двухстадийного измельчения зерна была проведена его производственная проверка на базе Минского районного унитарного предприятия «Агрокомбинат «Ждановичи».

Сопоставление функциональных показателей по работе модуля одностадийного молоткового и двухстадийного измельчения, по результатам производственной проверки, показали снижение удельных энергозатрат с 10,5 до 5,8 кВт ч/т, что составляет 44,7%, при этом количество требуемой фракции в измельченном зерне (выражаемое через показатель качества измельчения) повысилось с 71,2% до 81,9%, что составляет 10,7%.

Годовой экономический эффект от внедрения технологии двухстадийного измельчения зерна в комбикормовом цеху МРУП «Агрокомбинат «Ждановичи» составляет более 10,5 тысяч рублей. Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений составляет 1,34 года. Удельный экономический эффект от внедрения двухстадийного измельчения зерна составляет 0,518 руб/т.

Заключение

Предложен способ двухстадийного измельчения зерна, включающий предварительное разрушение за счет воздействия на зерно валцов и окончательное измельчение молотковым ротором с вертикальной осью вращения.

Установлены регрессионные модели, описывающие зависимость: производительности, удельных энергозатрат, степени измельчения, средневзвешенного размера частиц, однородности продукта (коэффициента вариации), показателя качества измельчения от межвальцового зазора первой стадии измельчения и диаметра отверстий в решетке второй стадии измельчения.

Установлены оптимальные значения межвальцового зазора и диаметра отверстия в решетке, обеспечивающие различные значения показателя качества измельчения при производстве комбикормов для откорма свиней и сельскохозяйственной птицы в возрасте до 17 недель.

Приведены результаты производственной проверки, показывающие снижение удельных энергозатрат на 44,7% и увеличение показателя качества измельчения с 71,2% до 81,9%.

Список использованных источников

1. Сельское хозяйство Республики Беларусь: статистический сборник / И. В. Медведева [и др.]. – Минск: Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2019 – 229 с.
2. Шило, И. Н. Ресурсосберегающие технологии сельскохозяйственного производства: монография / И. Н. Шило, В. Н. Дашков. – Минск : БГАТУ, 2003. – 183 с.
3. Дашков, В. Н. Совершенствование технических средств для измельчения фуражного зерна / В. Н. Дашков, Н. А. Воробьев, С. А. Дрозд // Агропанорама. – 2013. – № 5. – С. 23–28.
4. Воробьев, Н. А. Способ и устройство для двухстадийного измельчения зерна / Н. А. Воробьев, С. А. Дрозд // Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК материалы междунар. науч.-практ. конф. «Белагро-2019 – Минск : БГАТУ, 2019. – С. 267-268.
5. ТКП 273-2010. Сельскохозяйственная техника. Машины и оборудование для приготовления кормов. Порядок определения функциональных показателей. [Текст]. – Введ. 01.06.2011. БелГИСС, 2011. – 48 с.

Н. А. Воробьев, С. А. Дрозд*УО «БГАТУ»
г. Минск, Республика Беларусь***ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВАЛЬЦОВЫХ И МОЛОТКОВЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПРИ ДВУХСТАДИЙНОМ ИЗМЕЛЬЧЕНИИ ЗЕРНА**

В статье приводятся результаты теоретических исследований по обоснованию параметров и режимов работы вальцового и молоткового измельчителя с вертикальной осью вращения при двухстадийном измельчении зерна. Получены аналитические зависимости для расчета предельного значения межвальцового зазора, соотношения скоростей вальцов первой стадии измельчения, зависимость для расчета количества загрузочных отверстий и необходимой скорости подачи зерна на вторую стадию измельчения. Приводится обоснование углов наклона рифлей деки второй стадии измельчения.

Ключевые слова: двухстадийное измельчение, вальцовый измельчитель, молотковый измельчитель, измельчение зерна.

N. A. Vorobiev, S. A. Drozd*UO "BSTU"
Minsk, Republic of Belarus***THE ORETICAL SUBSTANTIATION OF THE ROLLER AND HAMMER WORKING BODIES IN THE TWO-STAGE GRINDING**

The article presents the results of theoretical studies to substantiate the parameters and operating modes of the roller and hammer mill with a vertical axis of rotation during two-stage grinding of grain. Analytical dependences are obtained for calculating the limit value of the inter-roll gap, the ratio of the speeds of the rollers of the first grinding stage, the dependence for calculating the number of loading holes and the required feed rate of grain to the second grinding stage. The substantiation of the slope angles of the deck of the second grinding stage is given.

Keywords: two-stage grinding, roller mill, hammer mill, grain grinding.

Введение

Одним из самых важных составляющих комбикорма является зерно. Важнейшей технологической операцией производства комбикорма является измельчение зерна, которое необходимо для обеспечения усвояемости питательных веществ животными.

Для производства комбикормов зерно измельчается с влажностью 13–14% преимущественно молотковыми дробилками, с удельными энергозатратами 8–12 кВт·ч/т, в зависимости от степени измельчения и их конструкции [1,2]. Данный факт свидетельствует о высоких удельных энергозатратах на осуществление подобной операции. Также зерно, измельченное молотковыми дробилками, имеет неравномерную однородность состава.

Данная проблема должна быть решена путем применения новых способов измельчения, одним из которых является комбинированное воздействие различными рабочими органами при измельчении зерна, то есть, двухстадийное измельчение, проводимое путем поэтапного пропуска зернового материала через два различных измельчителя.

В процессе изучения способа двухстадийного измельчения зерна нами были теоретически обоснованы параметры работы вальцовых и молотковых рабочих органов.

Основная часть

Нами предложен и исследован способ двухстадийного измельчения, включающий в себя две стадии измельчения (рис. 1). На первой стадии измельчения предварительное воздействие на зерно вальцами, что способствует нарушению целостности зерновки и образованию в ней ми-

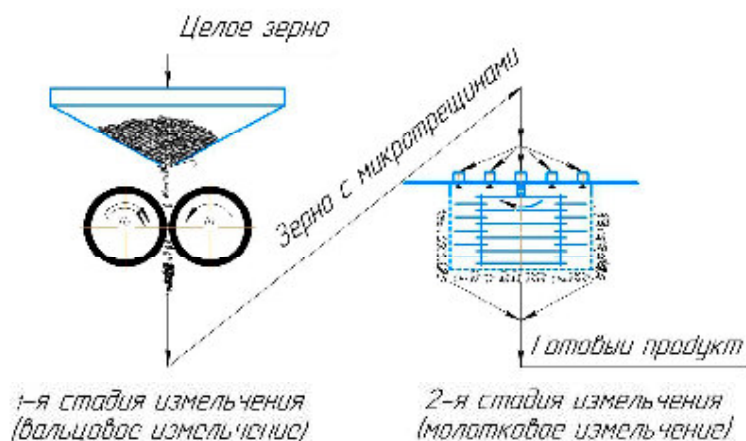


Рис. 1 – Схема исследуемого способа измельчения

кротрещин, тем самым снижается прочность зерна. На второй стадии предварительно разрушенное зерно измельчается молотковым ротором с вертикальной осью вращения до качества, соответствующего зоотехническим требованиям [3].

С целью снижения удельных энергозатрат при производстве комбикормов требуемого качества путем двухстадийного измельчения зерна предложенным способом, выполнено, теоретическое обоснование основных параметров и режимов работы оборудования.

Получена формула для определения максимально значения степени деформации зерна вальцами на первой стадии измельчения, которое исключает компрессионное сжатие зерна:

$$\varepsilon_{MAX} = \frac{\frac{1}{6} \pi \cdot l_3 \cdot b_3 \cdot h_3}{l_3 \cdot b_3 \cdot \left(h_3 + 2 \left(R_6 - \sqrt{R_6^2 - \frac{l_3^2}{4}} \right) - R_6^2 \left(\arccos \left(1 - \frac{l_3^2}{2R_6^2} \right) - \sin \left(\arccos \left(1 - \frac{l_3^2}{2R_6^2} \right) \right) \right) \right) b_3}, \quad (1)$$

где $V_{ЗЕР}$ – объем зерна, м³; $V_{ПОЛ}$ – объем полости, в которой разрушается зерно, м³; R_6 – радиус вальца, м; l_3 – длина зерна, м; b_3 – ширина зерна, м; h_3 – толщина зерна, м.

Из зависимости 1 видно, что отсутствие компрессионного сжатия наблюдается при деформации до 49–0,53% (в зависимости от геометрических размеров зерна). При таком условии в зерне появляются микротрещины, разрывы оболочки и смещение частиц относительно друг друга. Дальнейшее увеличение давления на зерно приводит к уплотнению измельченных частиц и многократному увеличению энергоемкости вследствие компрессионного сжатия зерна [4].

С учетом формулы 1 минимальное значение межвальцового зазора первой стадии измельчения определяется по формуле:

$$b_{min} = \frac{\varepsilon_{max} (b_3 + h_3)}{2}, \quad (2)$$

где ε_{max} – максимальная степень деформации, исключаяющая компрессионное сжатие, %; b_3 – ширина зерна, м; h_3 – толщина зерна, м.

С учетом геометрических размеров зерна различных сельскохозяйственных культур, при помощи формул 1 и 2 получены теоретические значения минимального межвальцового зазора первой стадии измельчения исключаяющие компрессионное сжатие: для зерна ячменя – 1,5 мм; для зерна пшеницы – 1,4 мм; для зерна ржи – 1,3 мм; для зерна тритикале – 1,4 мм [4].

Также получено уравнение для определения максимального и минимального значения соотношения скоростей валцов для двухстадийного измельчения зерна

$$i_{\min; \max} = \frac{360d_{cp}}{\pi k_i D_{\text{в}} \arccos \left(1 - \frac{d_{cp} - b_c}{D_{\text{в}}} \right)} + 1, \quad (3)$$

где k_i – безразмерный коэффициент (для $i_{\min}$ $k_i = 2$; для $i_{\max}$ $k_i = 1$); $D_{\text{в}}$ – диаметр вальца; d_{cp} – средний диаметр зерновки, м; b_c – средний межвальцовый зазор, м.

Подставив в формулу 3 числовые значения среднего диаметра зерновки $d_{cp} = 0,00295$ м для ячменя; числовое значение среднего приведенного зазора $b_c = 0,00155$ м; значение диаметра вальцов $D_{\text{в}} = 0,27$ м, определим, что на максимальное и минимальное значения передаточного отношения между вальцами влияет межвальцовый зазор, при его значении 0 мм передаточное отношение должно находиться в диапазоне 1,08–1,16; при межвальцовом зазоре 0,5 мм – 1,09–1,18; при 1,0 мм – 1,11–1,22; при 2,0 мм – 1,20–1,40.

Так как теоретические исследования по определению значения межвальцового зазора показали его значение 1,3–1,5 мм, можно сделать вывод, что теоретически рекомендуемое значение передаточного отношения между вальцами должно составить 1,12–1,28 [4].

На второй стадии разрушение зерна происходит за счет удара молотков при поступлении его в дробильную камеру: соударения частично разрушенного зерна о неподвижные элементы машины, воздействия молотков на подвижную массу продукта, дробления при столкновении частиц друг с другом в дробильной камере и истирания частиц зерна при взаимодействии с другими частицами и элементами дробильной камеры.

Для расчета количества загрузочных отверстий на второй стадии измельчения получена аналитическая зависимость (4):

$$n_{om} = \frac{2\pi}{\arccos \left(1 - \frac{2\sqrt{\frac{S_{om}}{2\pi}} + e_{om}}{R_{\partial p}} \right) \cdot k_{om} + \arctg \left(\frac{\sqrt{\frac{S_{om}}{2\pi}}}{R_{\partial p}} \right)}, \quad (4)$$

где: $S_{\text{от}}$ – площадь загрузочного отверстия круглой формы, м²; $R_{\partial p}$ – радиус камеры измельчения, м; e_{om} – наименьшее расстояние от загрузочного отверстия до периферии дробильной камеры, м; k_{om} – поправочный коэффициент, учитывающий разброс зерна после удара и зависящий от диаметра загрузочных отверстий (при диаметре отверстия 20–100 мм, $k_{om} = 1,2$ –1,4 соответственно).

Анализируя зависимость (4) можно сделать вывод, что с увеличением радиуса дробильной камеры имеется возможность увеличить количество загрузочных отверстий, что позволяет повысить эффективность процесса за счет увеличения количества одновременно подаваемого зерна, повышая тем самым производительность устройства. При этом суммарная площадь загрузочных отверстий должна обеспечивать пропускную способность потока измельчаемого зерна выше максимально возможной производительности первой стадии измельчения.

Для обеспечения подачи зерна в рабочую зону молотковой камеры на высоту пакета молотков подачу зерна следует осуществлять со скоростью v_{nz} которую можно определить по формуле (5):

$$v_{nz} = \frac{k_m v_m h_m}{\pi D_{\text{рот}}}, \quad (5)$$

где: $D_{\text{рот}}$ – диаметр молоткового ротора, м; k_m – количество пакетов молотков, шт; v_m – окружная скорость молотка до соударения с зерном, м/с; h_m – высота пакета молотков, м.

По зависимости 5, можно сделать вывод, что необходимая глубина подачи может быть обеспечена за счет увеличения скорости подачи зерна, уменьшения количества пакетов молотков и уменьшения окружной скорости молоткового ротора, при этом обеспечивается увеличение количества подаваемого зерна, одновременно подвергающегося ударам молотков, что способствует повышению производительности второй стадии измельчения зерна.

Проведено теоретическое исследование разрушения зерна на второй стадии измельчения от различных элементов камеры измельчения.

При исследовании взаимодействия зерна с вращающимся молотком на второй стадии измельчения были получены уравнения, показывающие количество кинетической энергии зерна, идущей на его деформацию (6) и количество кинетической энергии, которой зерно будет обладать при отлете от молотка после удара (7).

$$E_{\text{деф}} = \frac{m_z v_c^2 - m_z k_s^2 v_c^2}{2}, \quad (6)$$

$$E_{\text{зеп}} = \frac{m_z (k_s v_c)^2}{2} + \frac{m_z (v_c + k_s v_c)^2}{2}, \quad (7)$$

где m_z – масса измельченного зерна, кг; v_c – скорость зерна после соприкосновения с молотком, м/с; k_s – коэффициент восстановления скорости зерна (для ячменя – 0,53; ржи – 0,47; пшеницы – 0,50; овса – 0,43 [6]).

Анализируя зависимость 6 и 7 сделан вывод, что количество кинетической энергии, которой зерно обладает при отлете от молотка больше в 2–2,5 раз по сравнению с количеством кинетической энергии зерна, идущей на его деформацию. Для успешного разрушения зерна необходимо обеспечить, чтобы кинетическая энергия, которой обладает зерно при отлете от молотка перешла в энергию деформации. Для этого необходимо обеспечить эффективное соударение зерна с другими элементами камеры измельчения или другими частицами зерна.

Получено уравнение для определения количества кинетической энергии, затраченной на деформацию частиц зерна вследствие их соударения (8):

$$E_{\text{деф_чзс}} = \left(\frac{1 - k_s^2}{2} \right) \frac{m_{\text{чзс_1}} m_{\text{чзс_2}}}{m_{\text{чзс_1}} + m_{\text{чзс_2}}} (v_{\text{чзс_1}} - v_{\text{чзс_2}})^2, \quad (8)$$

где $v_{\text{чзс_1}}$ – скорость первой (ударяющей) частицы зерна до соударения (принимая ее скорость равной v_z), м/с; $v_{\text{чзс_2}}$ – скорость второй (ударяемой) частицы зерна до соударения, м/с; $m_{\text{чзс_1}}$ – масса первой (ударяющей) частицы зерна, кг; $m_{\text{чзс_2}}$ – масса второй (ударяемой) частицы зерна, кг.

Зависимость (8) позволила сделать вывод, что наибольшее значение кинетической энергии наблюдается при соударении частиц с одинаковой массой. При этом достигается наибольшее снижение скорости обеих частиц, что способствует снижению скорости частиц в зоне измельчения и соответственно более эффективному воздействию молотков на частицы зерна движущиеся в камере измельчения.

Получено уравнение для определения количества кинетической энергии, затраченной на деформацию зерна при его ударе о решето или деку (9):

$$E_{\text{деф_реш}} = \frac{m_z (k_s (v_{zp} + k_s v_{zp}) \cos(\alpha_{zp}) \cos(\alpha_2))^2}{2}, \quad (9)$$

где $v_{\text{чзс_1}}$ – скорость зерна при ударе о решето или деку, м/с; α_{zp} – угол падения зерна по отношению к решету, рад; α_2 – угол наклона рифлей деки к вертикали, рад.

Анализируя зависимость (9) сделан вывод, что зерно должно ударяться о деку под прямым углом, при этом количество кинетической энергии зерна идущей на пластическую деформацию более чем в 4 раза больше, чем при ударе о гладкое решето.

Для повышения интенсивности измельчения на второй стадии были обоснованы углы наклона рифлей деки (рис. 2).

Получена аналитическая зависимость (10) для нахождения угла наклона передней грани рифли деки к радиусу камеры измельчения:

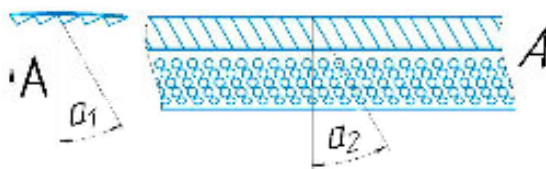


Рис. 2. – Общий вид деки и решета второй стадии измельчения

$$\alpha_1 = \frac{\pi}{2} - \arcsin\left(\frac{(R_{dp} - r_{om} - e_{om})}{R_{dp}}\right), \quad (10)$$

где: α_1 – угла наклона передней грани рифли деки, рад.

Зависимость (10) позволяет получить значения угла наклона передней грани рифли деки, который обеспечит соударение зерна с решетом под прямым углом, тем самым обеспечивая максимальное разрушение зерна. Анализируя зависимость (10) выявлено, что значение угла наклона передней грани рифли деки должно составлять 35–45°, в зависимости от геометрических размеров и расположения загрузочных отверстий.

Для уменьшения переизмельчения частиц зерна в зоне деки, приводящего к ухудшению качества измельченного материала и повышению удельного расхода энергии на измельчение, применено, за счет угла наклона рифлей деки к вертикали (α_2), выведение зерна из зоны измельчения в зону сепарирования.

По зависимости 9 выявлено, что наличие угла наклона рифлей деки к вертикали (α_2) от 0 до 30° снижает значение кинетической энергии зерна, образовавшейся вследствие удара зерна о деку до 25%, наличие угла (α_2) в диапазоне от 30° до 40° снижает значение кинетической энергии зерна, образовавшейся вследствие удара зерна о деку до 38%, что делает применение деки менее эффективным. Следует, что угол наклона рифлей деки к вертикали (α_2) не должен превышать 30°, данный угол позволит обеспечить перемещение частиц зерна после удара о деку в зону сепарирования, при этом не значительно уменьшит эффективность разрушения зерна при ударе о рифли деки.

Заключение

Предложен способ двухстадийного измельчения зерна, включающий предварительное разрушение за счет воздействия на зерно вальцов и окончательное измельчение молотковым ротором с вертикальной осью вращения.

Теоретически получено, что степень деформации зерна на вальцовой ступени измельчения не должна превышать 53%. Учитывая, что средний диаметр зерна находится в диапазоне 2,5–3,0 мм, значение минимального межвальцового зазора для первой ступени измельчения будет составлять 1,3–1,5 мм, а соотношение скоростей между вальцами – 1,12–1,28.

Получена аналитическая зависимость для расчета количества загрузочных отверстий в молотковой дробилке с вертикальной осью вращения ротора от диаметра дробильной камеры, места расположения и размеров загрузочных отверстий. Получена аналитическая зависимость для расчета необходимой скорости подачи зерна на вторую стадию измельчения, обеспечивающую проникновение зерна в рабочую зону молотковой камеры на высоту пакета молотков. Обоснованы углы наклона рифлей деки второй стадии измельчения, обеспечивающие повышение интенсивности измельчения зерна при ударе о рифли и вывода измельченного зерна из зоны деформации молотками.

Список использованных источников

1. Машины и оборудование для производства комбикормов: справ. пособ. / В. А. Шаршунов [и др.]. – Минск : Экоперспектива, 2005. – 487 с.
2. Шило, И. Н. Ресурсосберегающие технологии сельскохозяйственного производства: монография / И. Н. Шило, В. Н. Дашков. – Минск : БГАТУ, 2003. – 183 с.

3. Воробьев, Н. А. Способ и устройство для двухстадийного измельчения зерна / Н. А. Воробьев, С. А. Дрозд // Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК материалы междунар. науч.-практ. конф. «Белагро-2019» – Минск : БГАТУ, 2019. – С. 254–260.

4. Воробьев, Н. А. Теоретическое обоснование межвальцового зазора и соотношения скоростей валцов при двухстадийном измельчении зерна / Н. А. Воробьев, С. А. Дрозд // Агропанорама. – 2019. – № 4. – С. 13–16;

УДК 632.78 (632.08, 639.9)

Поступила в редакцию 11.05.2019

Received 11.05.2019

**В. М. Растегаева³, Н. И. Кулакова³, Н. П. Кузина³, Н. Г. Тодоров³, А. М. Лешкенов⁴,
В. Янкова¹, Е. Станева², Д. Маркова¹, Г. Крумова¹**

¹ Институт овощных культур «Марица»; г. Пловдив, Болгария; e-mail: vinelina@abv.bg

² Институт почвознания, агротехнологии и защиты растений
им. Николы Пушкирова; г. София, Болгария; e-mail: evdokiastaneva@gmail.com

³ Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Всероссийский центр карантина растений» (ФГБУ «ВНИИКР»),
р.п. Быково, Россия; e-mail: office@vniikr.ru

⁴ ООО НПФ «Юг-Агроконсалт»; с. Кахун, Россия; e-mail: agro-center@inbox.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ФЕРОМОНА МИНИРУЮЩЕЙ ТОМАТНОЙ МОЛИ *TUTA ABSOLUTA* (MEYRICK) В ЗАЩИТЕ ТОМАТОВ В УСЛОВИЯХ ЗАКРЫТОГО ГРУНТА

В работе представлены результаты опытов, проведенных на территории Болгарии и Кабардино-Балкарии, в условиях закрытого грунта на культуре томата. Показана эффективность применения феромонов для массового отлова самцов томатной моли с целью сокращения применения пестицидов и увеличения урожайности и качества томатов. Приведены результаты исследований по аттрактивности разных конструкций феромонных ловушек, расположенных на разных уровнях.

Ключевые слова: томатная моль, биологическая активность, феромоны, диспенсер, водные феромонные ловушки, массовый отлов, борьба, ловушка типа «Дельта», ловушка типа «Ромб», разные уровни.

**V. M. Rastegaeva³, N. I. Kulakova³, N. P. Kuzina³, N. G. Todorov³, A. M. Leshkenov⁴, V. Yankova¹,
E. Staneva², D. Markova¹, G. Krumova¹**

¹ Maritsa Vegetable Crops Research Institute; Plovdiv, Bulgaria; e-mail: vinelina@abv.bg

² N. Poushkarov Institute of Soil Science, Agrotechnologies and Plant Protection Agricultural Academy;
fia, Bulgaria; e-mail: evdokiastaneva@gmail.com

³ The Federal State Budgetary Institution All-Russian Plant Quarantine Center (FGBU "VNIICR"); Bykovo, Russia;
e-mail: office@vniikr.ru

⁴ ООО НПФ Юг-Агроконсалт; Kahun, Russia; e-mail: agro-center@inbox.ru

APPLICATION OF TOMATO BORER *TUTA ABSOLUTA* (MEYRICK) PHEROMONE IN THE TOMATO PROTECTION IN PROTECTED GROUND

The article presents the results of experiments conducted in Bulgaria and Kabardino-Balkaria in protected ground on tomato crop. Efficiency of pheromone application for mass trapping of tomato borer males to reduce the use of pesticides and increase the yield and quality of tomatoes are presented. The study's results of the attractiveness of different structures of pheromone traps located at different levels are presented.

Keywords: Tomato borer, biological activity, pheromones, dispenser, water pheromone traps, mass trapping, control, the Delta type trap, the Romb type trap, different levels.

Введение

Томат (*Solanum lycopersicum* L.) повреждается значительным количеством видов насекомых. Однако в последнее время именно томатная моль *Tuta absoluta* стала основным вредителем, вызывающим огромные потери урожая. Большую угрозу она представляет для тепличных хозяйств овощного направления, выращивающих, кроме томата, и другие культуры семейства

пасленовых. Томат повреждается в любом возрасте – от саженцев до взрослых растений. Характер повреждений по типу минирования, вызываемый личинками *Tuta absoluta* в мезофилле листьев, молодых побегов и плодов, резко снижает их фотосинтетическую способность, что приводит к снижению числа образующихся спелых плодов, их величины и качества. Кроме того, через ходы мин в ткани растения проникает большое число вторичных патогенных микроорганизмов, в том числе гнилостных (сапрофитные грибы и бактерии), что приводит к осыпанию недозрелых и резкому снижению качества собираемых плодов, их коммерческой ценности, и в конечном итоге к общему падению урожая.

Основная часть

Наибольшую активность взрослые особи *Tuta absoluta* проявляют в период наступления сумерек или на утренней заре. Днем насекомые прячутся от палящего солнца в листьях и стеблях томатов. Если встряхнуть растения, то можно увидеть бабочку томатной моли. Внешне эти бабочки небольшие, размах крыльев 10–12 мм. Общая окраска серебристо-серого цвета с черными точками на передних крыльях.

Яйцо томатной моли эллиптически-цилиндрической формы, со сглаженными концами, длиной 0,3–0,5 мм, ярко-белой окраски, которая по мере формирования в нем личинки меняется на желтоватую и коричневую. Вылупившиеся гусеницы небольшого размера (первого возраста 0,5–0,9 мм, а четвертого возраста 7,5 мм), сначала они сливочно-белые, с темной головой, а позднее становятся светло-салатовыми. За 13–15 дней гусеницы трижды линяют и проходят 4 возраста.

В зависимости от температурных условий окружающей среды, одно поколение завершает свое развитие в течение 20–38 дней. Томатная моль *Tuta absoluta* имеет высокие репродуктивные возможности. При благоприятных условиях и оптимальной температуре +25...30°C, насекомое дает 10–12 поколений в год. Нижний температурный порог развития +9 °C. При отсутствии корма гусеницы могут впадать в факультативную диапаузу. Зимует вредитель в стадии яйца, куколки и имаго. Основными путями заноса томатной моли являются плоды, рассада томата, декоративные пасленовые.

Как известно, проведение химических обработок регламентировано санитарными требованиями. При этом пестициды, особенно системные, применяются в сроки, когда они безопасны для потребителя к моменту реализации продукции и когда вредитель находится в наиболее уязвимой стадии.



Рис. 1. – Имаго томатной моли (фото Н.И. Кулаковой)



Рис. 2. – Лист томата, поврежденный гусеницей томатной моли (фото Н.И. Кулаковой)

Для своевременного и оперативного выбора различных мер защиты необходимо иметь сведения о состоянии популяции вредителя в динамике. В этих целях с успехом используются феромонные ловушки для раннего обнаружения. Использование синтетических феромонов – один из самых экологически безопасных методов в выявлении и борьбе с вредителями растений. Феромоны – летучие вещества природного происхождения – безопасны для растений, человека и животных, активно разрушаются под действием солнечного света, влаги, температуры. Входящие в их состав химические вещества используются в столь малых количествах, которые не могут повлиять на человека и окружающую среду.

В период 2016–2018 гг. проводились совместные испытания ФГБУ «ВНИИКР», Россия и Института зеленных культур «Марица», г. Пловдив, Болгария по применению водных феромонных ловушек. Цель – массовый отлов вредителя для защиты томатов. Плотность размещения – одна феромонная ловушка на 20–25 м², при этом ловушки расставляли в шахматном порядке. Носитель феромона – резиновая пробка (диспенсер) производства ФГБУ «ВНИИКР». Диспенсер фиксируется на проволоке по центру над водяной поверхностью. В опытах применен феромонный препарат, представляющий собой соединение E3,Z8,Z11–14:OAc – тетрадекатриенилацетат. Результаты испытаний представлены в таблице 1 и на рис. 3.

Т а б л и ц а 1. – Повреждения томатов, вызываемые томатной молью в условиях закрытого грунта

Показатели	2016-2018 гг.	
	Теплица с феромонными ловушками	Теплица без феромонных ловушек
<i>2016 г.</i>		
Процент поврежденных растений	10,00	82,00
Среднее количество мин на листе, шт.	0,70	5,28
Процент поврежденных плодов	4,00	52,00
<i>2017 г.</i>		
Процент поврежденных растений	4,00	44,00
Среднее количество мин на листе, шт.	0,18	2,52
Процент поврежденных плодов	0,00	24,00
<i>2018 г.</i>		
Процент поврежденных растений	12,00	64,00
Среднее количество мин на листе, шт.	0,84	5,70
Процент поврежденных плодов	6,00	66,00

Из таблицы мы видим, что в 2016 году процент поврежденных плодов составил 4,00 при соответствующем значении в контроле 52,00, процент поврежденных растений – 10,00 и 82,00 соответственно. В 2017 году процент поврежденных растений в опытной теплице с применением феромонов составил 4,00 при 44,00 в контрольной, где средства защиты не применялись; в теплице, защищаемой водными феромонными ловушками, в 2017 году повреждения плодов вообще не наблюдалось, процент поврежденных плодов в контроле составил 24,00. В 2018 году процент поврежденных плодов составил 6,00 при соответствующем значении в контроле 66,00, количество поврежденных растений в теплице, где применяли водные феромонные ловушки, составило 12%, а в контроле без применения феромонов – 64%.

В период с 15.01 по 07.06.2019 г. в г. Нальчик, Республика Кабардино-Балкария, сотрудниками ФГБУ «ВНИИКР» проводился опыт в тепличном хозяйстве на площади 160 м² с культурой томатов. Целью являлась эффективность применения феромонов для массового отлова томатной моли в системе защиты томатов и учет урожайности в теплице с феромонными ловушками и контрольной, без феромонных ловушек.

В опыте использовались два вида феромонных ловушек: клеевая ловушка типа «Дельта» и водная. Диспенсер в ловушке типа «Дельта» размещали в центре клейкой поверхности ловушки.

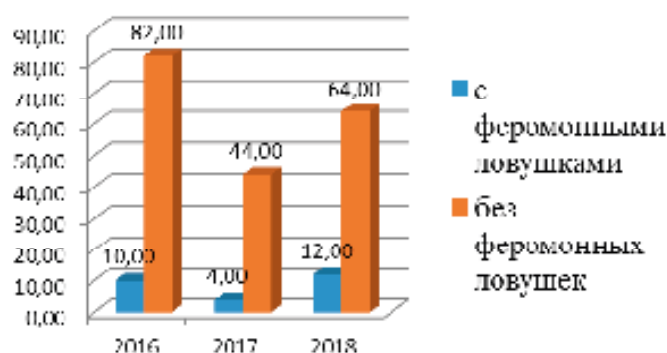


Рис. 3. – Процент поврежденных растений в период с 2016 по 2018 гг.

В водных ловушках, как уже было ранее описано, диспенсер фиксировали на проволоке по центру над водной поверхностью.

Ловушки типа «Дельта» в количестве 3 шт. подвешивали на высоте 30 см над растениями. Водные ловушки в количестве 8 шт. размещали на уровне грунта.

При сравнении результатов использования вариантов феромонных ловушек было установлено, что в каждую водную ловушку было отловлено в среднем 56,12 вредителя, в каждую клеевую ловушку типа «Дельта» – 28,33.

Т а б л и ц а 2. – Аттрактивность феромона томатной моли *Tuta absoluta* в оранжерейных условиях при массовом отлове за весь период проведения опыта

Тип ловушки	Количество отловленных насекомых	Среднее на одну ловушку
Ловушка типа «Дельта» с феромоном (3 повторности)	85 шт.	28,33
Ловушка водная с феромоном (8 повторностей)	449 шт.	56,12

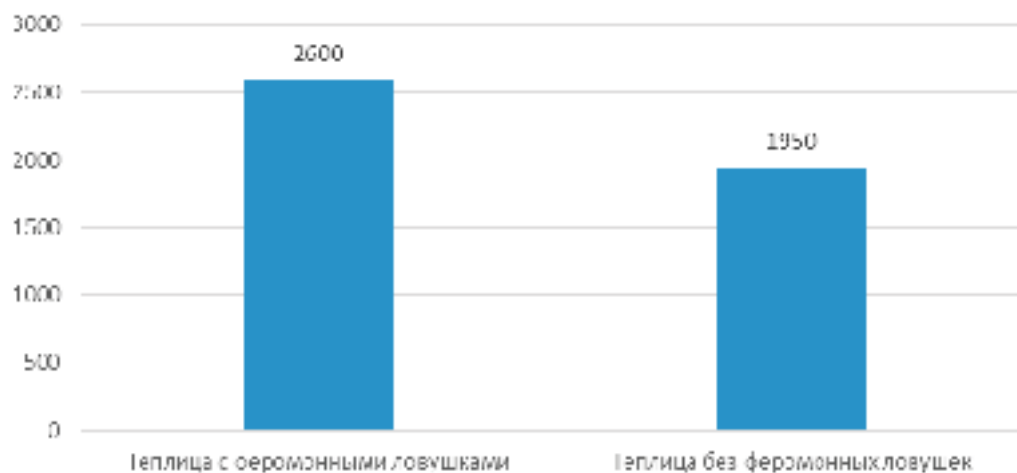


Рис. 4. – Сбор урожая за весь период проведения опыта

Таким образом, было установлено, что для массового отлова томатной моли более эффективны водные ловушки.

При размещении 11 феромонных ловушек в опытной теплице сбор томатов составил 2600 кг, а в контрольной теплице – 1950 кг. Таким образом, в теплице, где размещали феромонные ловушки, сбор урожая был на 25% больше. При этом количество химических обработок было сокращено в 4 раза. Тем самым удалось повысить урожайность, улучшить качество плодов и обеспечить экологическую безопасность производства.

В период с 19.07 по 31.07.2019 г в г. Нальчик, Республика Кабардино-Балкария, в теплице на томатах изучали эффективность феромонных ловушек, расположенных на разной высоте.

1 вариант – расположение ловушек с феромоном на уровне грунта:

5 ловушек типа «Ромб»,
 5 ловушек типа «Дельта»,
 5 ловушек водных.

2 вариант – расположение ловушек с феромоном на середине растений – 40 см от уровня грунта:

5 ловушек типа «Дельта»,
 5 ловушек типа «Ромб».

3 вариант – расположение ловушек с феромоном на высоте 30 см над растениями – 110 см от уровня грунта:

5 ловушек типа «Дельта»,
 5 ловушек типа «Ромб».

Все ловушки размещались в шахматном порядке. Высота растений на момент закладки опыта составляла 80 см. Растения томата (сорт Львович) находились друг от друга на расстоянии 35 см в ряду и 90 см между рядами.

Т а б л и ц а 3. – Результаты отлова томатной моли *Tuta absoluta* в условиях закрытого грунта по изучению аттрактивности феромонных ловушек, расположенных на разной высоте

№ варианта	№ ловушки (повторность)	Количество отловленных особей каждой ловушкой за одну неделю с соответствующим номером				
		21.08.2019	25.08.2019	30.08.2019	Итого	Среднее на 1 ловушку
1. «Ромб» на грунте	1	75	155	141	371	123,6
	2	63	189	181	433	144,3
	3	88	175	177	440	146,6
	4	95	123	113	331	110,3
	5	57	167	145	369	123,0
	Итого				1944	129,56
2. «Дельта» на грунте	1	85	138	190	413	137,6
	2	97	143	189	429	143,0
	3	67	123	179	369	123,0
	4	91	119	157	367	122,3
	5	103	135	222	460	153,3
	Итого				2038	135,84
3. Водная на грунте	1	198	201	226	625	208,3
	2	188	197	238	623	207,6
	3	208	213	241	662	220,6
	4	122	159	193	474	158,0
	5	176	211	219	606	202,0
	Итого				2990	199,30
4. «Ромб» на середине растений	1	17	56	102	175	58,3
	2	9	48	88	145	48,3
	3	15	66	75	156	52,0
	4	19	71	84	174	58,0
	5	49	87	82	218	72,6
	Итого				868	57,84
5. «Дельта» на середине растений	1	105	123	119	347	115,6
	2	66	88	101	255	85,0
	3	23	65	88	176	58,6
	4	54	93	102	249	83,0
	5	89	121	134	344	114,6
	Итого				1371	91,36
6. «Ромб» на 30 см над растениями	1	2	18	22	42	14,0
	2	4	15	24	43	14,3
	3	3	18	27	48	16,0
	4	2	15	11	28	9,3
	5	3	13	10	26	8,6
	Итого				187	12,44

№ варианта	№ ловушки (повторность)	Количество отловленных особей каждой ловушкой за одну неделю с соответствующим номером				
		21.08.2019	25.08.2019	30.08.2019	Итого	Среднее на 1 ловушку
7. «Дельта» на 30 см над растениями	1	7	17	19	43	14,3
	2	5	18	15	38	12,6
	3	5	7	10	22	7,3
	4	3	5	11	19	6,3
	5	6	11	6	23	7,6
	Итого				145	9,62

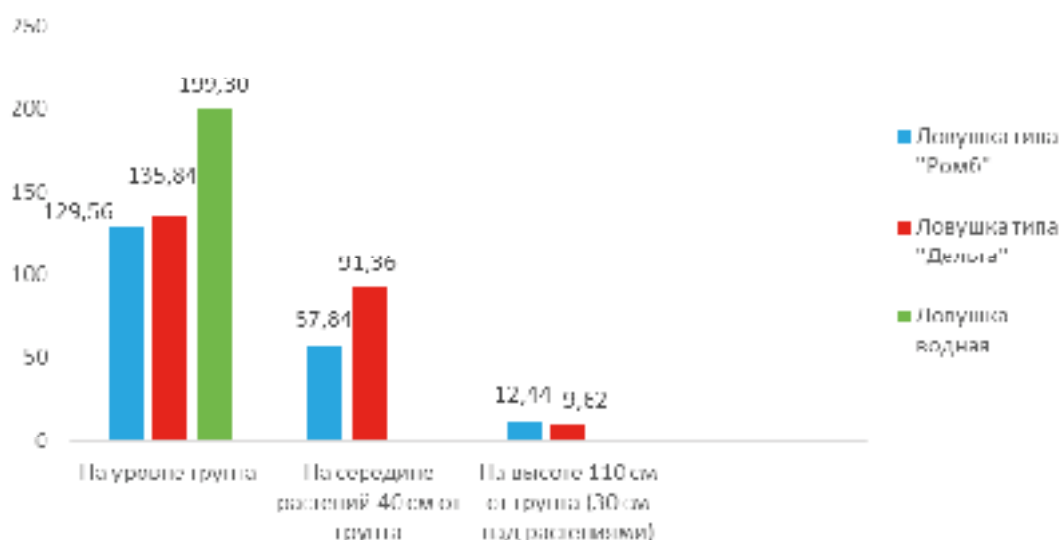


Рис. 5. – Сравнительная диаграмма отлова томатной моли *Tuta absoluta* различными ловушками на разных уровнях

Проведенные исследования показали, что наибольшее количество бабочек попадало в ловушки, расположенные на уровне грунта. В среднем в одну водную ловушку попадало 199,30 шт., ловушку типа «Дельта» – 135,84 шт. и ловушку типа «Ромб» – 129,56 шт. В расположенные на середине растений, на высоте 40 см от грунта, ловушки типа «Дельта» попало в среднем 91,36 шт. и типа «Ромб» – 57,84 шт. Малоэффективным оказался отлов томатной моли при расположении ловушек на высоте 30 см над растениями (110 см от грунта): ловушки типа «Дельта» отловили в среднем 9,62 шт., а типа «Ромб» – 12,44 шт. вредителя.



Рис. 6. – Ловушки типа «Ромб», «Дельта» и водная с феромоном на уровне грунта (фото Н. И. Кулаковой)



Рис. 7. – Ловушки типа «Ромб», «Дельта» с феромоном на среднем ярусе растений томата
(фото Н.И. Кулаковой)



Рис. 8. – Ловушки типа «Ромб», «Дельта» с феромоном на уровне 30 см выше растений томата
(фото Н.И. Кулаковой)

Из полученных результатов (рис. 5) видно, что наибольшей привлекательностью обладают ловушки, расположенные на уровне грунта. Это, по-видимому, связано с тем, что оптимальная температура в летний период в нижней незатененной части растений была 24–25 °С, что благоприятно для жизнедеятельности и спаривания насекомых. А вот в верхнем ярусе растений температура достигала в летний период 38–40 °С, что является температурным порогом для развития томатной моли. Вредитель предпочитал нижний и средний ярусы растений.

Заключение

Из проведенных опытов можно сделать следующие выводы.

1. Применение феромонных ловушек в условиях закрытого грунта помогает своевременно выявить, локализовать и ликвидировать вредителя.
2. Использование водных ловушек с феромоном позволяет поддерживать достаточно низкий уровень повреждения растений томатов (12–4–10% в опыте против 82–44–64% в контроле) и плодов (6–0–4% в опыте против 66–24–52% в контроле).
3. В качестве элемента в системе интегрированной защиты томатов в условиях закрытого грунта для массового отлова томатной моли рекомендуется применять водные ловушки с феромоном из расчета 1 ловушка на 20–25 м².

4. При применении феромонных ловушек для массового отлова уменьшаются повреждения плодов, что приводит к повышению урожайности на 25% и при этом сокращается кратность обработок пестицидами в несколько раз.

5. Целесообразно размещать ловушки с феромоном на уровне грунта, в связи с оптимальной температурой 24–25 °С для жизнедеятельности вредителя.

6. С целью мониторинга и сигнализации сроков проведения (при необходимости) химических обработок можно использовать феромонные клеевые ловушки, начиная размещать их за две недели до высадки рассады с плотностью от 1 до 4 ловушек на теплицу площадью до 1 га.

Список использованных источников

1. Анализ фитосанитарного риска выемчатокрылой южноамериканской томатной моли *Tuta absoluta* для территории Российской Федерации. – М.: ФГБУ «ВНИИКР», 2009.

2. Сметник А. И., Шумаков Е. М., Розинская Е. М. Применение феромонов для борьбы с карантинными вредителями растений. – М., 1986. – С. 1–48.

3. Жимерикин В. Н., Миронова М. К. Южноамериканская томатная моль – угроза томатному производству // Защита и карантин растений. – 2012. – № 11. – С. 32–34.

4. Магомедов У. Ш., Караджева О., Атанов Н. М., Кузина Н. П. и др. Синтезирован отечественный феромон томатной минирующей моли // Защита и карантин растений – 2013. – № 4. – С. 42–43.

СОДЕРЖАНИЕ

Яковчик С. Г., Бакач Н. Г., Салапура Ю. Л. Перспективы в области точного сельского хозяйства	3
Тарасенко В. Е., Жешко А. А. Оптимизация параметров систем охлаждения типоразмерного ряда тракторов «БЕЛАРУС»	6
Радчиков В. Ф., Передня В. И., Жилич Е. Л., Кувшинов А. А., Злотник А. М. Эффективность использования заменителей обезжиренного молока в кормлении телят	11
Перепечаев А. Н., Рапинчук А. Л., Чететкин А. Д. Первичная переработка льна, проблемы и недостатки отрасли	15
Перепечаев А. Н., Жилич Е. Л. Снижение потерь зерна и зернового вороха при хранении в складах амбарного типа и при временном хранении на площадках	19
Филиппов А. И., Заяц А. И., Лепешкин Н. Д., Чеботарев В. П. Обоснование технических и конструктивных параметров профилеформователя узкопрофильных гряд	23
Заяц Д. В., Филиппов А. И., Лепешкин Н. Д., Чеботарев В. П. Обзор основных конструкций опрыскивателей при разработке объемного и ленточного внесения рабочих растворов в системе экологического земледелия	27
Голдыбан В. В., Барановский И. А., Воробей А. С. К вопросу снижения повреждаемости клубней картофеля при уборке и послеуборочной доработке	33
Голдыбан В. В., Барановский И. А. Перспективы разработки средств механизации для повышения качества междурядных обработок	36
Антоненко А. Н., Голдыбан В. В. К разработке объемного низконапорного обратимого гидроагрегата для малых гидроэлектростанций	40
Лепешкин Н. Д., Бегун П. П. Результаты испытаний лушильника дискового ромбовидного ЛДР-9	43
Лабоский И. М., Микульский В. В. Исследование процесса уплотнения силосной массы под действием вибродинамических нагрузок	49
Тарас В. А., Капустин Н. Ф., Величко В. В. Исследование выхода метана при анаэробной ферментации рапсовой соломы в смесях с навозом крупного рогатого скота (КРС) при различном её соотношении	54
Юрин А. Н., Кострома С. П., Мажугин И. Е. Анализ существующих конструкций рабочих органов каналокопателей для формирования профиля мелиоративных каналов	59
Голдыбан В. В. Экспериментальные установки для исследований по сельскохозяйственной механике	66
Ващула А. В., Сапун Л. Г., Захаров А. В. Влияние угла опережения впрыска топлива двигателя Д-245 оао «УКХ «Минского Моторного Завода» на экологические показатели	72
Юрин А. Н., Викторovich В. В. Проблема механизированной обработки междурядий и рядов питомников и ягодников	75
Лойко С. Ф., Похиленко Е. Н. Определение параметров воздухоподогревательной установки комбинированной пневмомеханической системы посева льна	82
Степук Л. Я. Техническое обеспечение сферы применения средств химизации земледелия Республики Беларусь (состояние, проблемы, пути решения)	85
Байметов Р. И., Абдулхаев Х. Г., Ленский А. В., Жешко А. А. Анализ природно-производственных и технологических особенностей возделывания картофеля, овощных культур и садов в Республике Узбекистан	93
Гуськов В. В., Поварехо А. С., Лысанович П. В. Влияние системы регулирования давления в шинах колесных тракторов на тягово-сцепные свойства и экономичность	100
Михайловский Е. И. Процесс снабжения материальными ресурсами как фактор влияния на эффективность управления производственными затратами организации	108
W. Romaniuk, K. Borek, K. Mazur. Linie Technologiczne do przygotowania pasz pełnoporcjowych dla gospodarstw rodzinnych i farmerskich	118
Жилич Е. Л., Кувшинов А. А., Пунько А. И. Результаты разработки и применения комплекта оборудования для приготовления комбикормов КОКК-10 в условиях хозяйства	129

Романович А. А. Теоретические исследования параметров гидродиспергатора для измельчения зернофуража	133
Клыбик В. К., Новиков М. И. Обоснование параметров пробоотборника почвы барабанного типа	138
Тарасенко В. Е., Сай А. С., Жешко А. А. Разработка методики выявления дефектов и прогнозирование остаточного ресурса деталей автотракторных двигателей	141
Воробьев Н. А., Дрозд С. А. Экспериментальное исследование разрушения зерна при динамическом воздействии	149
Филиппов А. И., Заяц Э. В., Аутко А. А., Лепешкин Н. Д., Чеботарев В. П. Разработка оборудования для объёмного внесения рабочих растворов	153
Жедик А. А., Шантыко А. С., Иванов Д. Н., Джасов Д. В. Современные методы имитационного моделирования технологических процессов, как инструмент исследования и оптимизации конструкции в сельскохозяйственном комбайностроении	157
Шантыко А. С., Коняевский А. Д., Джасов Д. В., Чупрынин Ю. В. Функциональная математическая модель механизма поперечного уравнивания травяной жатки.	161
Хилько И. И., Сапун Л. Г. Совершенствование рабочих органов высоконапорных моечных установок ..	165
Афанасьев И. А. К вопросу адаптивного управления вакуумметрическим давлением в молокосборной камере коллектора доильного аппарата	170
Ткач В. В. Результаты исследований счетчика молока на основе проточного датчика емкостного типа ..	174
Скибчик В. И., Шаповал Л. И., Кудринский Р. Б., Днесь В. И. Научно-методические основы обоснования рациональных сроков технического обслуживания и ремонта мобильной сельскохозяйственной техники	177
Маранда С. О. Исследование процесса распределения биоматериала на поле при расселении трихограммы беспилотным летательным аппаратом	182
Воробьев Н. А., Дрозд С. А. Экспериментальное исследование способа двухстадийного измельчения зерна	188
Воробьев Н. А., Дрозд С. А. Теоретическое обоснование вальцовых и молотковых рабочих органов при двухстадийном измельчении зерна	192
Растегаева В. М., Кулакова Н. И., Кузина Н. П., Тодоров Н. Г., Лешкенов А. М., Янкова В., Станева Е., Маркова Д., Крумова Г. Применение феромона минирующей томатной моли <i>Tuta Absoluta</i> (MEYRICK) в защите томатов в условиях закрытого грунта.	197

Научное издание

**МЕХАНИЗАЦИЯ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

Межведомственный тематический сборник

Основан в 1968 году

Выпуск 53

Редактор-корректор *Е. В. Корзун*
Компьютерная верстка *Н. И. Кашуба*

Подписано в печать 03.01.2020. Формат 60×84 ¹/₈. Бумага офсетная. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 24,18. Уч.-изд. л. 20,0. Тираж 100 экз. Заказ 4.

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.