

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ
Республиканское унитарное предприятие
«Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по механизации сельского хозяйства»
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

ЦИФРОВИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

МАТЕРИАЛЫ
4-й МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

по цифровизации сельского хозяйства
и органическому производству
(Минск, 5–8 июня 2024 г.)

Минск
«Беларуская навука»
2024

УДК [631.171:004]+631.147

ББК 40.7

Ц75

Редакционная коллегия:

доктор технических наук, профессор, член-корреспондент НАН Беларуси
П. П. Казакевич (председатель),
кандидат технических наук, доцент Д. И. Комлач (зам. председателя),
доктор технических наук, доцент,
академик-секретарь Отделения аграрных наук НАН Беларуси В. В. Азаренко,
кандидат технических наук, доцент Н. Г. Бакач,
кандидат технических наук, доцент А. Н. Перепечаев

Цифровизация сельского хозяйства : материалы 4-й Междунар. науч. конф. по цифровизации сельского хозяйства и органическому производству (Минск, 5–8 июня 2024 г.) / редкол.: П. П. Казакевич [и др.]. – Минск : Беларуская навука, 2024. – 214 с. : ил.
ISBN 978-985-08-3150-7.

В сборнике представлены материалы научных исследований, касающиеся таких новых технологий, как Интернет вещей, большие данные, облачные вычисления, передовая робототехника и искусственный интеллект в производственных цепочках сельского хозяйства. Рассмотрены технологии точного земледелия, направленные на управление параметрами плодородия, точного животноводства, позволяющие отслеживать состояние здоровья животных, разрабатывать индивидуальные программы лечения и кормления, а также трекинга сельскохозяйственной техники, позволяющие оптимизировать передвижение транспортных средств по территории сельскохозяйственного предприятия.

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

УДК [631.171:004]+631.147

ББК 40.7

ISBN 978-985-08-3150-7

© Научно-практический центр
НАН Беларуси по механизации
сельского хозяйства, 2024
© Оформление. РУП «Издательский дом
«Беларуская навука», 2024

СОДЕРЖАНИЕ

Азаренко В. В., Жешко А. А. Анализ цифровых средств для изучения свойств твердых минеральных удобрений и других сыпучих материалов	5
Азаренко В. В., Голдыбан В. В., Курилович М. И., Антипович Н. А. Определение внутренних дефектов клубней картофеля с помощью методов ядерного магнитного резонанса и компьютерной томографии	13
Комлач Д. И., Жешко А. А., Ленский А. В. Результаты разработки алгоритма цифровизации экономического учета и планирования в сельскохозяйственном производстве на примере возделывания зерновых культур.	22
Комлач Д. И., Голдыбан В. В., Селиванова В. П. Требования к автономным мобильным агрегатам для внесения средств защиты растений	32
Комлач Д. И., Воробей А. С., Юрин А. Н. Электронно-анализирующее устройство для настроек конструктивных параметров и режимов работы линий для предреализационной подготовки картофеля	40
Жилич Е. Л., Рогальская Ю. Н. Исследования и разработка системы позиционирования доильного оборудования при роботизированной технологии доения	52
Жешко А. А. Перспективы развития роботизированных технических средств для внесения удобрений и химических средств защиты растений.	57
Жешко А. А., Ленский А. В., Володкевич В. И., Шах А. В. Цифровизация процесса формирования структуры парка мобильных кормоуборочных машин	64
Юрин А. Н. Разработка экранных форм программы управления системой технического зрения для оптической сортировки плодов	75
Жилич Е. Л., Гецман С. А., Рогальская Ю. Н., Никончук В. В. Метод обнаружения сосков при разработке роботизированных систем доения	83
Жешко А. А., Ленский А. В. Программный модуль для расчета технико-экономических показателей машин химизации земледелия	89
Жилич Е. Л., Цалко С. А., Рогальская Ю. Н., Никончук В. В. Исследование и анализ параметров формирования микроклимата в животноводческих помещениях.	97
Жилич Е. Л., Цалко С. А., Рогальская Ю. Н., Никончук В. В., Екельчик О. Л. К вопросу интенсификации процесса смешивания при приготовлении комбикормов и кормосмесей	104

Носырев И. Н., Савчиц А. Г., Татур М. М., Перцев Д. Ю. Открытая архитектура системы управления мобильной роботизированной платформы: от онтологии к техническому решению	110
Юрин А. Н., Викторovich В. В. Актуальность разработки широкозахватной дождевальнoй установки для природно-производственных условий Республики Беларусь	124
Юрин А. Н., Игнатчик А. А. Устройство и рабочий процесс агрегата для механического удаления кроны ягодных кустарников АУК-1	129
Юрин А. Н. Разработка программы управления системой технического зрения для оптической сортировки плодов (APPLECTL)	136
Спесивцев А. В., Соколов Б. В., Семенов А. И. Модели и алгоритмы проактивного планирования производства кормов из трав	146
Жилич Е. Л., Цалко С. А., Рогальская Ю. Н., Никончук В. В. Комплект оборудования для производства легкоусвояемого комбикорма для крупного рогатого скота различных половозрастных групп КОБК-1,5	154
Жилич Е. Л., Цалко С. А., Рогальская Ю. Н., Никончук В. В. Анализ мобильных технических средств для приготовления кормов к скармливанию и раздачи	161
Таврыкина О. М., Громадская Е. И., Семененко Л. В., Кочик Е. Н. Разработка информационно-аналитической системы «Водоохраннeе зоны» как основа цифровой трансформации в сфере охраны поверхностных вод	167
Комлач Д. И., Жилич Е. Л., Рогальская Ю. Н., Никончук В. В. Исследования совершенствования отечественной системы менеджмента стада	173
Жилич Е. Л., Рогальская Ю. Н., Никончук В. В. Принципы развития роботизированных систем доения	181
Бакач Н. Г., Перепечаев А. Н., Володкевич В. И., Шах А. В. Научное обеспечение создания перспективных средств механизации для сельскохозяйственного производства на основе реализации системы перспективных машин	188
Перепечаев А. Н., Пылило И. С., Колешко С. П. Экспериментальные исследования макетного образца устройства для формирования плотности льнотресты с самоходным пресс-подборщиком ПЛС-1	197
Ажгиревич А. Н., Иовик Л. Н. Анализ состояния производства органической продукции в Республике Беларусь	206

В. В. Азаренко¹, член-корреспондент, д. т. н., доцент,
А. А. Жешко², к. т. н., доцент

¹ Президиум Национальной академии наук Беларуси
г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: azarenko@presidium.basnet.by

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

E-mail: azeshko@gmail.com

АНАЛИЗ ЦИФРОВЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СВОЙСТВ ТВЕРДЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И ДРУГИХ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация. В статье представлены результаты анализа цифровых средств для изучения свойств твердых минеральных удобрений и других сыпучих материалов, которые представляют особую значимость для компьютерного моделирования машин химизации земледелия.

Ключевые слова: цифровые средства, машины химизации земледелия, машины для внесения удобрений, программно-аппаратные модули.

V. V. Azarenko¹, Corresponding Member, Grand PhD, Assoc. Prof.,
A. A. Zheshko², PhD, Assoc. Prof.

¹ Presidium of the National Academy of Sciences of Belarus
Minsk, Republic of Belarus

E-mail: azarenko@presidium.basnet.by

² RUE “SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization”
Minsk, Republic of Belarus

E-mail: azeshko@gmail.com

ANALYSIS OF DIGITAL TOOLS FOR STUDYING THE PROPERTIES OF SOLID MINERAL FERTILIZERS AND OTHER BULK MATERIALS

Abstract. The article presents the results of the analysis of digital tools for studying the properties of solid mineral fertilizers and other bulk materials, which are of particular importance for computer modeling of chemical farming machines.

Keywords: digital tools, agricultural chemicalization machines, fertilizer application machines, hardware and software modules.

Введение

В своем становлении сельскохозяйственное производство прошло несколько ключевых этапов. Первой аграрной неолитической революцией принято считать переход от собирательства к земледелию и животновод-

ству (Чайлд Г., 1923). Вторая британская сельскохозяйственная революция датируется периодом между XV и концом XIX в. и связана с появлением новых высокоурожайных сортов растений, разработкой новых для тех времен технологий и созданием экономических условий для сельскохозяйственного производства, совершенствованием орудий труда на фоне бурного промышленного роста (Джейкоб М., 1943). Третий этап – зеленая революция 1940–1970-х годов, связанная прежде всего с применением удобрений и пестицидов (Чуб В. В., 2003).

К настоящему времени более 8 млрд человек обеспечивается продуктами питания на 50 % по причине активного использования средств химизации [1]. Однако дальнейшее наращивание объемов производства и потребления удобрений сдерживается экологическими факторами. Производство минеральных удобрений привело к двукратному увеличению азота в воздухе, воде и почве за последние 100 лет. Согласно оценкам Европейской экономической комиссии ООН [2], около 80 % азота, используемого в сельскохозяйственном производстве, теряется по причине выщелачивания, поверхностных стоков, инфильтрации, загрязнения сельскохозяйственной продукции и водоемов. Химические загрязнения приводят к болезням человека и разрушению природы. Однако минеральные удобрения по-прежнему остаются наиболее действенным средством повышения урожайности культурных растений.

По причине существенной значимости минеральных удобрений для продовольственной безопасности всех стран ученые по всему миру продолжают исследования по поиску наиболее рациональных конструкций машин и оборудования для внесения удобрений и химических средств защиты растений. Обоснование конструктивных параметров машин для внесения удобрений осуществляется на основе знания физико-механических свойств, в связи с чем анализ существующих цифровых средств для изучения свойств твердых минеральных удобрений является важным направлением для исследований.

Основная часть

Исследованию физико-механических свойств твердых минеральных удобрений и других сыпучих материалов посвящены работы известных отечественных и зарубежных ученых. Однако появление новых форм как минеральных, так и гранулированных органических удобрений требует уточнения ранее полученных и исследования недостающих физико-механических свойств. Кроме того, развитие вычислительных систем компьютерного моделирования раскрывает ранее недоступные способы исследования и проектирования технических средств, в том числе и для внесения

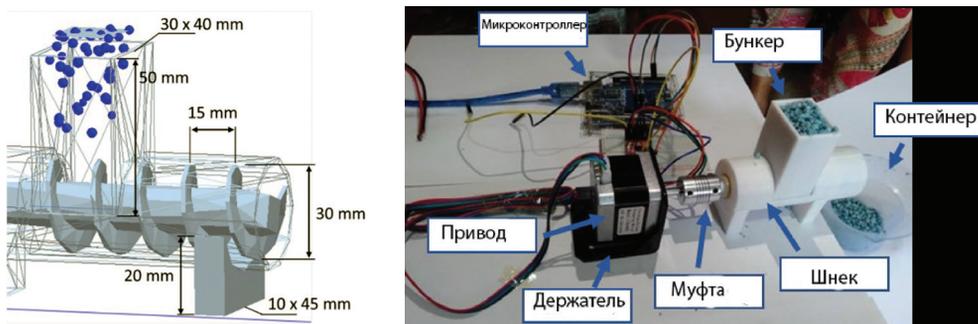


Рис. 1. Макетная установка для изучения физико-механических свойств минеральных удобрений [9]

минеральных удобрений. Дополнительное окно возможностей открывается в связи с появлением аппаратно-программных средств для прототипирования и построения систем, моделей и проведения экспериментов в области механизации, автоматизации и роботизации сельскохозяйственного производства.

Штанговые рабочие органы характеризуются высоким качеством распределения твердых минеральных удобрений по поверхности поля [3–8]. В научной работе [9] разработана геометрическая трехмерная модель и ее физический аналог (рис. 1). Макетная модель, состоящая из бункера для удобрений с выгрузным шнеком и контейнером, с приводом от электродвигателя, соединенного со шнеком через муфту, управляется микроконтроллером.

Результаты проведенного в работе [9] эксперимента на макетной установке были сопоставлены с результатами имитационного моделирования на трехмерной модели и теоретическими расчетами, при этом сходжение результатов находилось в пределах 10 %.

В работе [10] методом дискретных элементов исследованы физико-механические свойства сыпучего материала, особое внимание уделяется определению закономерностей подачи материала шнековым питателем из пирамидального бункера. В частности, определены углы естественного откоса (рис. 2), получены регрессионные модели массового расхода материала, где аргументом являлось время истечения материала.

Численные методы использовались в работе [11] для исследования работы катушечного дозатора. Моделирование осуществлялось с использованием системы дискретного моделирования (рис. 3). Для подтверждения полученных результатов использовалась макетная установка, где катушечный дозатор приводился во вращение электродвигателем, а частота вращения регулировалась за счет широтно-импульсной модуляции под управлением микроконтроллера (рис. 3).

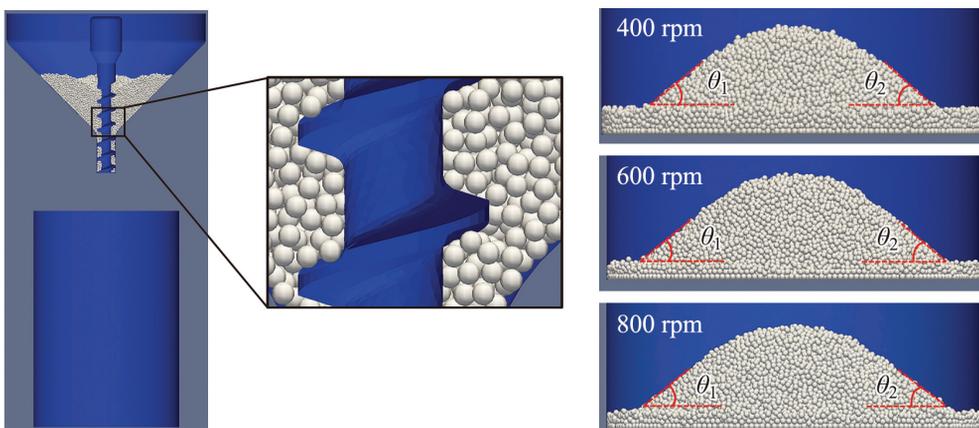


Рис. 2. Изучение физико-механических свойств сыпучих материалов методом дискретных элементов [10]

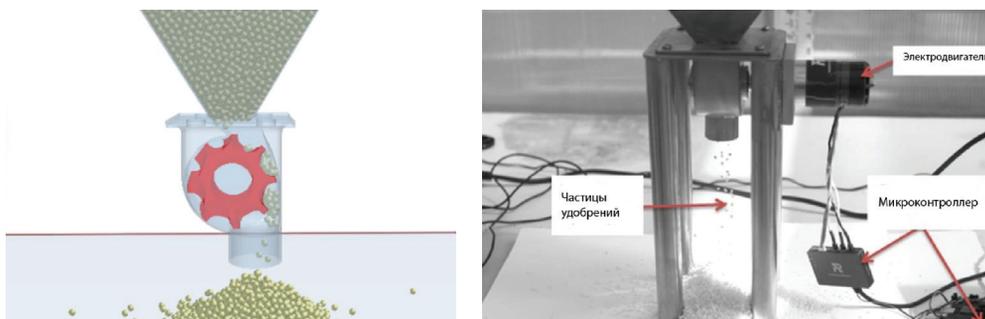


Рис. 3. Модель и экспериментальная установка для исследования процессов высева удобрений катушечным дозатором [11]

Для изучения процесса распределения удобрений в почве в работе [12] использовалась геометрическая модель, а также макетная установка для проверки правильности полученных при моделировании результатов (рис. 4). Проведенные исследования позволили получить поверхности оклика и регрессионные уравнения для обоснования расстояния между патрубками. В качестве сыпучих сред при дискретном моделировании выступали частицы удобрений и почвы. Предметом изучения явились закономерности взаимодействия рабочего органа для внутрпочвенного внесения с почвой и частицами удобрений и паттерн распределения удобрений в почве. Аргументами регрессионной модели были скорость перемещения машины с моделируемым рабочим органом, расстояние между патрубками в вертикальной и горизонтальной плоскостях, а в качестве критерия оптимизации было принято расстояние между удобрениями при ленточном их внесении. Исследованию и обоснованию параметров машин для внутрпочвенного внесения удобрений посвящены научные работы [13–16].



Рис. 4. Компьютерная модель и экспериментальная установка для исследования процесса внутрисочвенного внесения удобрений [12]

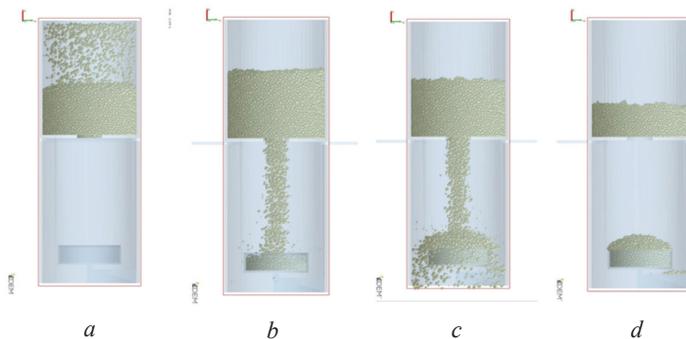


Рис. 5. Модель для изучения внутреннего взаимодействия между частицами удобрений [17]

Для изучения внутреннего взаимодействия между частицами удобрений в результате выполнения исследований [17], была разработана компьютерная модель, основанная на методах дискретных элементов (рис. 5), а также ее физический аналог (рис. 6) для подтверждения правильности полученных данных.

В соответствии с рис. 6 макетная установка для изучения внутреннего взаимодействия между частицами твердых минеральных удобрений состоит из персонального компьютера 1, микроконтроллера 2 для управления процессом измерений, соединительных проводов 3, лабораторной емкости 4, камеры 5, сосудов 6 и 11, регулировочных разъемов 9 и 10.

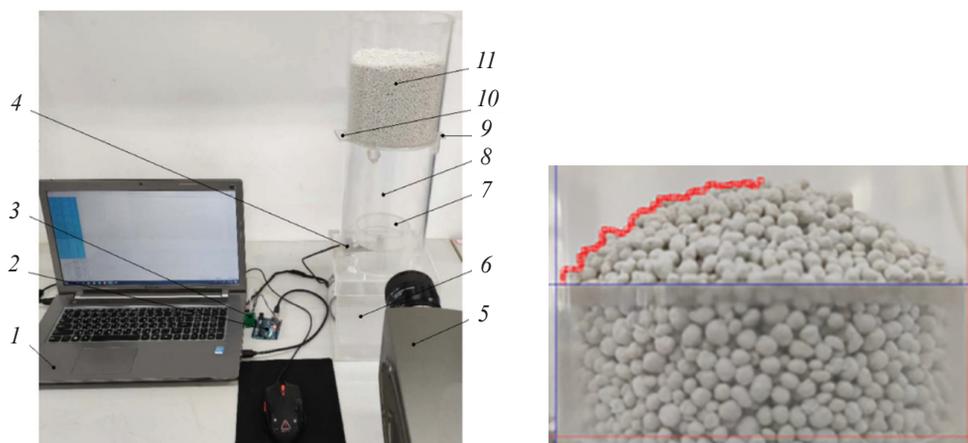


Рис. 6. Макетная установка и процесс измерения угла естественного откоса [17]:
а – макетная установка; *б* – измерение угла естественного откоса удобрений;
 1 – персональный компьютер; 2 – микроконтроллер; 3 – соединительные провода;
 4 – лабораторная емкость; 5 – камера; 6 – нижний сосуд; 7 – внутренняя емкость;
 8 – цилиндр; 9 – правый разъем; 10 – левый разъем; 11 – верхний сосуд

Для регулирования размера отверстия между сосудами использовались разъемы 9 и 10, что позволяло определять время просеивания частиц. Также опыты воспроизводились на компьютерной модели, где программное обеспечение генерировало более 40 тыс. частиц. Скорость истечения удобрений составила 0,5 м/с. Дополнительно исследовалась плотность удобрений и угол естественного откоса (рис. 6, б). В конечном счете по результатам исследований была получена регрессионная модель, аргументами которой являлись коэффициенты внешнего и внутреннего трения частиц удобрений, а функцией отклика – время истечения удобрений с верхнего в нижний сосуд макетной установки. Также были построены поверхности отклика.

Заключение

Обзор и анализ цифровых средств для изучения свойств твердых минеральных удобрений и других сыпучих материалов позволил установить современные тенденции в сфере построения машин химизации земледелия. В связи с развитием вычислительной техники ученые стремятся перевести изучение недостающих физико-механических свойств сыпучих материалов в область построения компьютерных моделей, основанных на методах дискретного моделирования. Такой подход позволяет существенно снизить расходы на разработку и изготовление экспериментальных установок, а для проверки правильности полученных результатов используются макетные модели.

Список использованных источников

1. Environmental impact of mineral fertilizers: possible improvements through the adoption of eco-innovations / PhD thesis, Wageningen University, Wageningen, the Netherlands. – 2017. – 158 p.
2. Reactive Nitrogen [Electronic resource]. – Mode of access: <https://unece.org/ru/reactive-nitrogen>. – Date of access: 08.01.2024.
3. Степук, Л. Я. Недобор и потери урожая как следствие наличия проблем в сфере технического обеспечения сельского хозяйства / Л. Я. Степук, В. Р. Петровец, И. В. Барановский // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 2. – С. 132–136.
4. Степук, Л. Я. Сравнительная оценка отечественных и зарубежных разбрасывателей твердых минеральных удобрений (грузоподъемность и масса) / Л. Я. Степук, А. А. Жешко, С. А. Антошук // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-техн. конф. : в 3 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Т. 1. – С. 54–59.
5. Антошук, С. А. Обоснование рациональной грузоподъемности машин для внесения твердых минеральных удобрений / С. А. Антошук, А. А. Жешко, В. К. Клыбик // Современные проблемы освоения новой техники, технологии, организации технического сервиса в АПК : доклады респ. науч.-практ. конф. на 19-й Междунар. выставке «Бел-агро-2009», г. Минск, 2–5 июня 2009 г. / Минсельхозпрод Респ. Беларусь, РО «Белагросервис», УО «БГАТУ». – Минск, 2010. – С. 78–83.
6. Антошук, С. А. Повышение равномерности внесения пылевидных химмелиорантов обоснованием рациональных параметров распределяющих рабочих органов : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / С. А. Антошук; РУП «Белорусский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства». – Минск, 2005. – 148 л.
7. Лях, С. И. Повышение качества внесения минеральных удобрений совершенствованием процессам их дозирования : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / С. И. Лях; РУП «Белорусский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства». – Минск, 2003.
8. Patinge, S. Screw feeder performance prediction using Discrete Element Method (DEM) / S. Patinge, K. Prasad // International Journal of Scientific & Engineering Research. – 2017. – Vol. 8, iss. 3. – P. 48–51.
9. High precision fertilizer applicator for industrial plantation: discrete element method simulation and prototyping / I. P. Nurprasetio [et al.] // Jurnal Keteknikan Pertanian. – 2022. – Vol. 10, № 2. – P. 98–107.
10. A semi-automated DEM parameter calibration technique of powders based on different bulk responses extracted from auger dosing experiments / B. E. Kassem [et al.] // KONA Powder and Particle Journal. – 2021. – № 38. – P. 235–250.
11. Simulation analysis of fertilizer discharge process using the Discrete Element Method (DEM) / K. Bangura [et al.] // PlosOne. – 2020. – P. 1–16.
12. Discrete element modelling (DEM) of fertilizer dual-banding with adjustable rates / S. Dinga [et al.] // Computers and Electronics in Agriculture. – 2018. – № 152. – P. 32–39.
13. Микульский, В. В. Внесение минеральных удобрений шнеко-катушечным штанговым распределителем : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / В. В. Микульский; РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2018.
14. Степук, Л. Я. Механизация, экологизация и экономика сферы химизации земледелия Беларуси: проблемы и пути решения / Л. Я. Степук, В. Р. Петровец // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 3. – С. 198–204.

15. Дыба, Э. В. Внутрипочвенное внесение жидкого навоза роторным распределителем с заделкой дисковым адаптером : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Э. В. Дыба; РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2015.

16. Барановский, И. В. Повышение эффективности применения минеральных удобрений на основе механизации внутрипочвенного их внесения : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / И. В. Барановский; РУП «Белорусский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства». – Минск, 2001.

17. Calibration strategy to determine the interaction properties of fertilizer particles using two laboratory tests and DEM / A. Sugirbay [et al.] // Agriculture. – 2021. – No 11. – P. 1–19.

В. В. Азаренко¹, В. В. Голдыбан², М. И. Курилович², Н. А. Антипович³

¹ Президиум Национальной академии наук Беларуси

г. Минск, Республика Беларусь

² РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: labpotato@mail.com

³ Республиканский научно-практический центр неврологии и нейрохирургии

г. Минск, Республика Беларусь

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВНУТРЕННИХ ДЕФЕКТОВ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ ЯДЕРНОГО МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА И КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ

Аннотация. Представлены результаты экспериментальных исследований определения внутренних дефектов клубней картофеля с помощью метода ядерного магнитного резонанса (ЯМР) и компьютерной томографии (КТ). Описана методика проведения экспериментальных исследований и режимные параметры ЯМР и КТ. Работа демонстрирует ценность ЯМР и КТ для детального неинвазивного способа определения скрытых дефектов клубней картофеля на автоматических сортировальных машинах.

Ключевые слова: клубни картофеля, сортировка, внутренние дефекты, ядерный магнитный резонанс, T2 релаксация, компьютерная томография.

V. V. Azarenko¹, V. V. Goldyban², M. I. Kurylovich², N. A. Antsipovich³

¹ Presidium of the National Academy of Sciences of Belarus

Minsk, Republic of Belarus

² RUE “SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization”

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: labpotato@mail.com

³ Republican Scientific and Practical Center of Neurology and Neurosurgery

Minsk, Republic of Belarus

DETERMINATION OF INTERNAL DEFECTS IN POTATO TUBERS USING NUCLEAR MAGNETIC RESONANCE AND COMPUTED TOMOGRAPHY METHODS

Abstract. The results of experimental studies of determining internal defects in potato tubers using nuclear magnetic resonance (NMR) and computed tomography (CT) are presented. The methodology for conducting experimental studies and the operating parameters of NMR and CT are described. The work demonstrates the value of NMR and CT for a detailed, non-invasive method for identifying hidden defects in potato tubers on automatic grading machines.

Keywords: potato tubers, sorting, internal defects, nuclear magnetic resonance, T2 relaxation, computed tomography.

Введение

Картофель является основным продуктом питания в рационе многих людей во всем мире и занимает второе место после риса по степени широкомасштабного глобального распространения. Клубни с внутренними скрытыми дефектами (почернение сердцевины, повреждение от подмораживания, дуплистость, побурение стебельного конца, сосудистое обесцвечивание, сетчатый и внутренний некроз) негативно влияют на выбор покупателя и могут быть причиной пищевых отравлений. И наоборот, отсортированный здоровый картофель с чистой кожурой, без следов повреждений продается по более высокой цене, принося дополнительный доход предпринимателю, пользуется повышенным спросом у оптовых покупателей. Внутренние дефекты картофеля возникают вследствие повреждений, наносимых вредителями и рабочими органами машин, нарушения технологии возделывания, болезни семенного материала.

Внутренние дефекты невозможно выявить на инспекционных столах визуально без предварительного разрушения клубней. Существующие способы определения внутренних дефектов предусматривают предварительный случайный отбор образцов, их резку и визуальный осмотр. Этот метод весьма трудоемок и малоэффективен.

С целью снижения затрат ручного труда, повышения эффективности процесса сортировки необходима разработка неразрушающих методов оценки качества клубней картофеля на стадии переработки и предпродажной доработки, обеспечивающих достаточно высокую скорость и точность анализа. Для изучения внутренних дефектов клубней картофеля предложено использовать метод ядерного магнитного резонанса (ЯМР) и компьютерной томографии (КТ) [1–3].

Основная часть

Для проведения исследований по обнаружению внутренних дефектов были подготовлены клубни картофеля с искусственно созданными в них скрытыми дефектами в виде потемнений мякоти. Для создания скрытых дефектов был использован полый цилиндр высотой 1000 мм и диаметром поперечного сечения 125 мм. На дне цилиндра был размещен ударный элемент диаметром 25 мм. Клубни сбрасывались с одинаковой высоты и ударялись об ударный элемент, обращенный к основанию клубня. Клубни падали и ударялись о полусферическую головку, прикрепленную к круглой плоской пластине. Расчетная энергия удара варьировалась от 303 мДж до 994 мДж в зависимости от массы картофеля. После удара клубни хранили в течение двух недель для проявления повреждений.

Исследования по определению скрытых дефектов проводились двумя способами: ядерным магнитным резонансом и компьютерной томографией.

Сущность исследований ядерным магнитным резонансом заключалась в следующем. Исследуемые клубни картофеля помещались в сильное магнитное поле напряженностью 1,5 Тл, при этом магнитные моменты атомов водорода, находившихся в воде тканей картофеля, выстраивались вдоль магнитного поля. Далее в область исследований подавался радиочастотный импульс, который менял направление магнитных моментов атомов водорода от первоначального направления «по полю» на некоторый угол. При выключении радиочастотного импульса происходило восстановление первоначального направления «по полю» – релаксация. Это самое время релаксации или, другими словами, быстрота восстановления направления магнитных моментов атомов водорода к первоначальному направлению «по полю» изменяется в зависимости от однородности тканей картофеля. Это различие времени релаксации использовалось, чтобы отличить нормальные и дефектные области в тканях картофеля.

Так как время релаксации бывает поперечным T2 и продольным T1, то при патологических процессах изменение содержания воды в тканях картофеля приводит к увеличению интенсивности сигнала на T1 изображениях и уменьшению интенсивности сигнала на T2 изображениях. Результатом исследований является отображенное на экране компьютера изображение клубня картофеля в виде темных (низкий сигнал) и светлых (высокий сигнал) участков. Усиленный сигнал (гиперинтенсивный) – это более светлые участки изображения, а ослабленный сигнал (гипоинтенсивный) – более темные. Эти характеристики сигнала мы использовали, чтобы установить, патологическими или нормальными являются области в полученном изображении [4–8].

T2 изображения оптимально показывают жидкости в тканях, при этом вода проявляется в T2 изображениях относительно яркими тонами, а ее недостаток – темными. В связи с этим в исследованиях для анализа скрытых дефектов в клубнях картофеля достаточным и необходимым является анализ T2 изображений.

Последовательность мультиспинового эха (MSE) использовалась для измерения параметров поперечной релаксации T2. Под спиновым эхом понимается спонтанное возникновение сигнала ядерного магнитного резонанса через некоторое время после подачи на образец последовательности импульсов радиочастотного поля.

В исследовании применялись следующие характеристики MSE: матрица изображения 256×256 , поле зрения (FOV) $256 \text{ мм} \times 256 \text{ мм}$, толщина среза 3 мм, TR 2000 мс, TE 104 мс, количество эхосигналов 256, полоса пропускания (BW) $260 \text{ Гц пиксель}^{-1}$ и 2 усреднения. Минимальный объем повреждений, возможный к обнаружению, – 1 мм^3 .

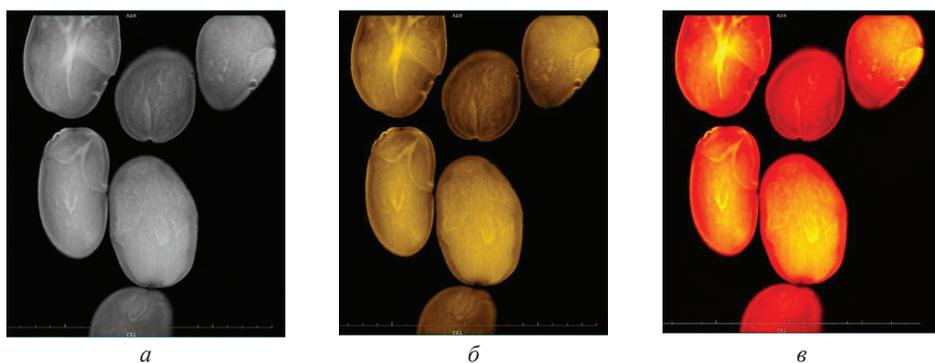


Рис. 1. Результаты применения ЯМР для изучения внутренней структуры клубня картофеля (кондиционные клубни): *а* – изображение в оттенках серого; *б* – изображение в оттенках золотого трехмерного; *в* – изображение в оттенках раскаленного металла

На рис. 1 представлены результаты исследования внутренней структуры кондиционных клубней картофеля с помощью ЯМР. Для удобства восприятия результат может быть отображен на экране в различной цветовой гамме.

На полученных с помощью ЯМР изображениях очень четко просматриваются структуры клубня в различных его сечениях: особенно хорошо видна сердцевина, кора и сосудистые пучки.

При детальном изучении полученных снимков не было выявлено областей, отличающихся от общей массы мякоти клубней. Полученные результаты позволили сделать вывод об отсутствии внутренних дефектов в данной выборке клубней картофеля. При дальнейших исследованиях изображения кондиционных клубней картофеля использовались в качестве эталонных при определении наличия внутренних дефектов в других классах.

В следующем опыте были получены изображения и трехмерная модель второй группы клубней картофеля. Детальное изучение снимков проводилось покадрово для каждой полученной трехмерной модели изображения (рис. 2). На изображениях, полученных с помощью ЯМР, отчетливо видны внутренние дефекты клубней и характер изменения дефектной зоны в зависимости от глубины поражения клубня. Дефектные зоны на изображениях клубней имеют темный цвет, в то время как здоровая ткань светлый. Отличие такого сигнала ЯМР от сигнала стандартного вещества позволяет определить так называемые биохимические сдвиги в тканях клубней.

В качестве наглядного примера был выбран снимок в фронтальной проекции, представленный на рис. 3, *а*, на котором явно присутствует два темных пятна, обозначенных областями 1 и 2, соответствующие областям гнили, образовавшейся в результате механического воздействия на клубни. Для

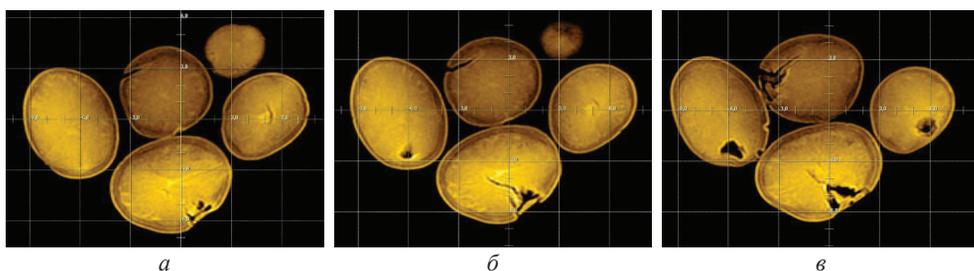


Рис. 2. Изменение параметров дефектной зоны в зависимости от глубины поражения клубня: *а* – начало появления дефектных областей; *б* – срез слоя через 3 мм; *в* – срез слоя через 6 мм

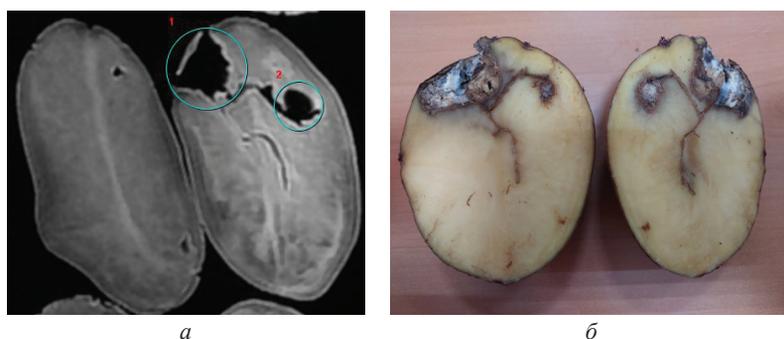


Рис. 3. Дефектный клубень картофеля в разрезе:
а – результаты сканирования клубней картофеля группы с искусственно созданными повреждениями; *б* – дефектный клубень картофеля (в разрезе)

сравнения из исследуемой выборки был отобран нужный клубень и сделано фото, представленное на рис. 3, *б*, в разрезе в месте локализации повреждения гнилью. Сравнивая полученные при помощи ЯМР снимки внутренних дефектов клубней картофеля, можно сделать вывод о высокой степени точности локализации скрытых дефектов неинвазивным методом.

Третья подборка снимков иллюстрирует наличие внутренних дефектов в третьей выборке клубней картофеля, предположительно пораженных проволочником. На снимках отмечены области со скрытыми дефектами 1, 2 и 3, которые представляют собой темные пятна по сравнению с окружающей их мякотью. Области интереса – это ходы, проделанные проволочником, локализованные вблизи коры клубня. На рис. 4, *а*, представлено графическое отображение полученных результатов сканирования класса клубней картофеля, поврежденных проволочником. Для проверки наличия внутренних дефектов у исследуемого клубня он был разрезан в месте поражения проволочником. На полученном снимке (рис. 4, *б*) можно увидеть внутренние дефекты, обнаруженные предварительно при помощи ядерного магнитного резонанса.

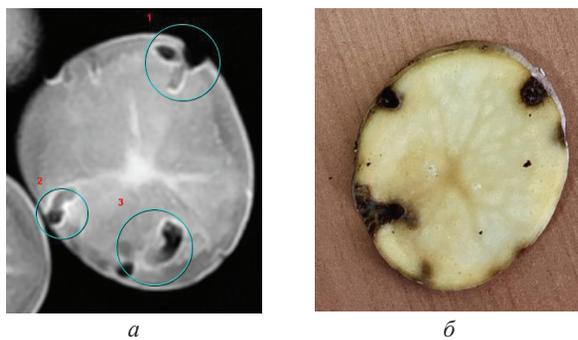


Рис. 4. Дефектный клубень картофеля, поврежденный проволочником, в разрезе:
а – результаты сканирования выборки клубней картофеля, поврежденных проволочником; *б* – дефектный клубень картофеля в разрезе

Для определения скрытых внутренних дефектов способом компьютерной томографии было отобран 21 клубень картофеля. Клубни были подвержены механическому воздействию, аналогичному при их подготовке к методу ЯМР. После чего они выдерживались при температуре 3–5 градусов в темном помещении.

Исследования проводились на компьютерном томографе DISCOVERY CT750 HD. Основные режимные параметры томографа в период проведения исследований: напряжение на рентгеновской трубке 120 киловольт, анодный ток 10 миллиампер, толщина одного среза 1,25 мм, время одного среза 0,6 с, количество срезов 70.

За время экспозиции томограф фиксирует 70 срезов клубней картофеля в поперечной и продольной проекции. Затем компьютер обрабатывает снимки и строит 3D-модель клубня картофеля (рис. 5).

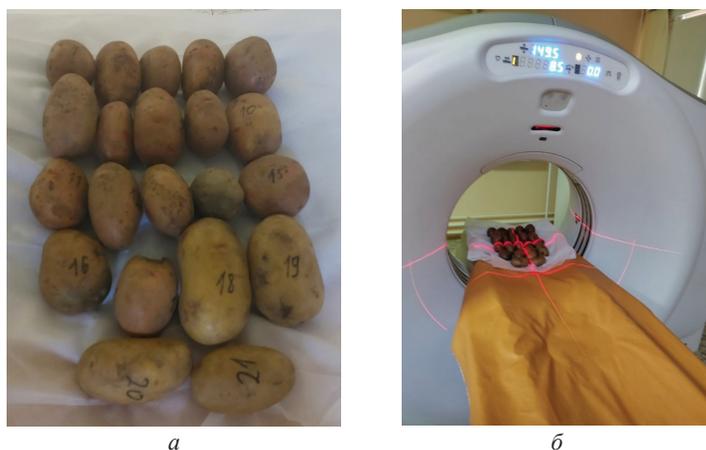


Рис. 5. Проведение экспериментальных исследований: *а* – исследуемые образцы клубней; *б* – компьютерный томограф DISCOVERY CT750 HD

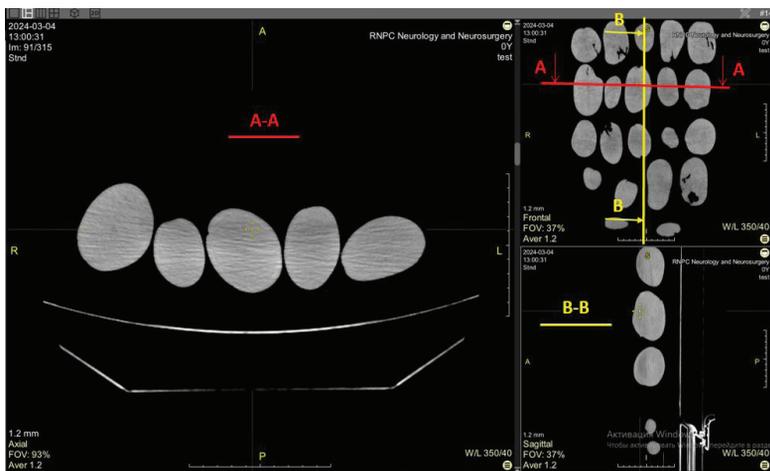


Рис. 6. Продольное (А–А) и поперечное (В–В) сечения исследуемых с помощью компьютерной томографии клубней картофеля

На рис. 6 представлены результаты обнаружения бездефектных клубней на примере клубня № 7. Результаты выведены в оттенках серого. Дефектные области на изображениях клубней отображены темным цветом, здоровая ткань – серым.

На рис. 7 слева показана горизонтальная проекция среза, в правом нижнем углу – вертикальная. В верхнем правом углу четко видно, что клубень под номером 7 внешне выглядит здоровым, и его можно с определенной долей вероятности отнести к кондиционным. Вертикальные и горизонтальные срезы, полученные с помощью КТ, указывают на отсутствие скрытых дефектов, вызванных приложенными ранее механическими нагрузками.

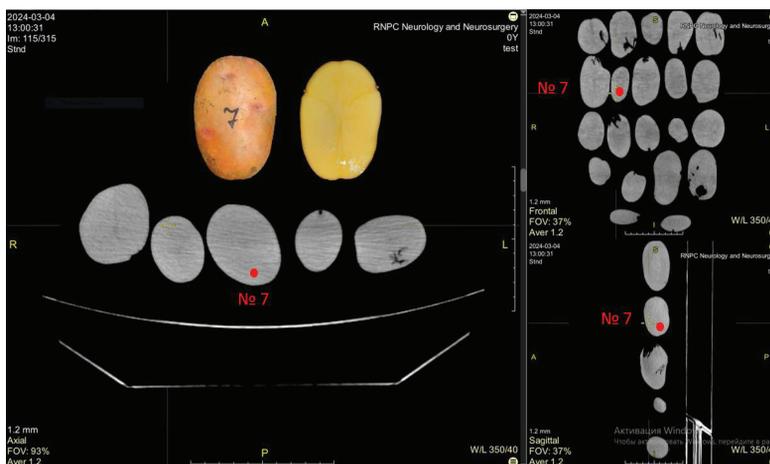


Рис. 7. Результаты компьютерной томографии по обнаружению кондиционных клубней картофеля

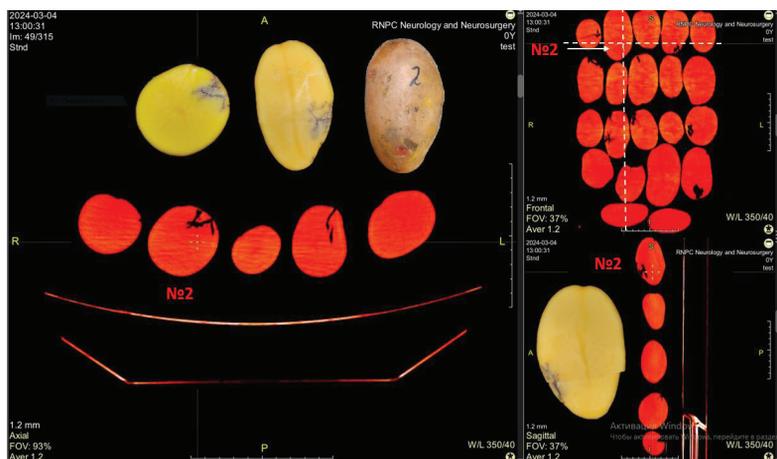


Рис. 8. Результаты компьютерной томографии по обнаружению внутренних дефектов клубней картофеля

На рис. 8 представлены результаты обнаружения скрытых дефектов на примере клубня № 2. С целью раскрытия возможностей программы результаты выведены в оттенках оранжевого. Дефектные области на изображениях клубней отображены темным цветом, здоровая ткань – оранжевым. Штрихпунктирная белая линия показывает горизонтальную и вертикальную проекцию среза. На рис. 8 слева показана горизонтальная проекция среза, в правом нижнем углу – вертикальная. В верхнем правом углу четко видно, что клубень под номером 2 внешне выглядит здоровым, и его можно с определенной долей вероятности отнести к кондиционным. Однако вертикальные и горизонтальные срезы, полученные с помощью КТ, указывают на наличие скрытых дефектов, вызванных приложенными ранее механическими нагрузками.

Имея большой набор обучающих данных из томографических изображений кондиционных и некондиционных клубней картофеля, можно построить сверточную нейронную сеть, которая будет сегментировать данные компьютерной томографии клубней картофеля в автоматическом режиме, что имеет большое значение при проектировании автоматических сортировальных машин.

С целью сокращения времени идентификации внутренних дефектов в клубнях картофеля следует уменьшить количество срезов до 10, увеличив их шаг до 5 мм, что является достаточным для обнаружения скрытых дефектов.

Заключение

Полученные изображения позволяют сделать вывод, что методы ЯМР и КТ могут быть успешно применены для обнаружения и характеристики

внутренних повреждений в клубнях картофеля в качестве неинвазивного метода. Полученные изображения могут быть использованы для автоматизации процесса сортировки с помощью нейронных сетей глубокого обучения.

Список использованных источников

1. Comparison of diffuse reflectance and transmission mode of visible-near infrared spectroscopy for detecting brown heart of pear / X. Fu [et al.] // *Journal of Food Engineering*. – 2007. – Vol. 83, no. 3. – P. 317–323.
2. Development of nondestructive technique for detecting internal defects in Japanese radishes / K. Takizawa [et al.] // *Journal of Food Engineering*. – 2014. – Vol. 126. – P. 43–47.
3. Comparison of X-ray CT and MRI of watercore disorder of different apple cultivars / E. Herremans [et al.] // *Postharvest Biology and Technology*. – 2014. – Vol. 87. – P. 42–50.
4. Quantitative magnetic resonance imaging of tomato fruit / M. Musse [et al.] // *Proceeding of the Joint Annual Meeting ISMSM-ESMRMB, Berlin, Germany, 19–25 May 2007*.
5. Investigation on water status and distribution in broccoli and the effects of drying on water status using NMR and MRI methods / F. Xu [et al.] // *Food Res. Int.* – 2017. – Vol. 96. – P. 191–197.
6. Functional imaging of plants: a nuclear magnetic resonance study of a cucumber plant / T. Scheenen [et al.] // *Biophysical Journal*. – 2002. – Vol. 82, iss. 1. – P. 481–492.
7. Ishida, N. Ontogenetic changes in water in cherry tomato fruits measured by nuclear magnetic resonance imaging / N. Ishida, M. Koizumi, H. Kano // *Scientia Horticulturae*. – 1994. – Vol. 57. – P. 335–346.
8. Clark, C. J. Detection of Brownheart in ‘Braeburn’ apple by transmission NIR spectroscopy / C. J. Clark, V. A. McGlone, R. B. Jordan // *Postharvest Biology and Technology*. – 2003. – Vol. 28, iss. 1. – P. 87–96.

Д. И. Комлач, к. т. н., доцент, **А. А. Жешко**, к. т. н., доцент,
А. В. Ленский, к. э. н.

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

РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ АЛГОРИТМА ЦИФРОВИЗАЦИИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЧЕТА И ПЛАНИРОВАНИЯ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ НА ПРИМЕРЕ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Аннотация. В статье представлены результаты разработки алгоритма цифровизации экономического учета и планирования в сельскохозяйственном производстве на примере возделывания зерновых культур, являющегося базовой составляющей информационно-вычислительной системы организации механизированных работ, концепция и основные программные модули которой разрабатываются в рамках исследований, проводимых при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (договор с БРФФИ №Т23МН-004 от 02.05.2023).

Ключевые слова: цифровизация экономического учета, алгоритм цифровизации, мониторинг и управление производством, планирование в сельском хозяйстве, технологические карты, точное земледелие.

D. I. Komlach, PhD, Assoc. Prof, **A. A. Zheshko**, PhD, Assoc. Prof, **A. V. Lenski**, PhD

*RUE “SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization”
Minsk, Republic of Belarus
E-mail: info@belagromech.by*

THE RESULTS OF THE DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR DIGITALIZATION OF ECONOMIC ACCOUNTING AND PLANNING IN AGRICULTURAL PRODUCTION ON THE EXAMPLE OF GRAIN CULTIVATION

Abstract. The article presents the results of the development of an algorithm for digitalization of economic accounting and planning in agricultural production using the example of grain cultivation, which is a basic component of an information and computing system for organizing mechanized work, the concept and main software modules of which are being developed within the framework of research conducted with the support of the Belarusian Republican Foundation for Basic Research (agreement with the BRFFI No. T23MN-004 dated 05/02/2023).

Keywords: digitalization of economic accounting, digitalization algorithm, monitoring and management of production, planning in agriculture, technological maps, precision agriculture.

Введение

Развитие электронно-вычислительной техники в последние десятилетия стало причиной цифровизации многих отраслей экономики, активно этот процесс повлиял и на развитие современного сельскохозяйственного производства. Причиной тому является тот факт, что сельское хозяйство – одна из важнейших отраслей экономики, которая обеспечивает население продовольствием, а промышленность сырьем.

Для повышения эффективности сельскохозяйственного производства большое значение имеют технологии точного земледелия, современные инструменты автоматизации мониторинга и планирования в сельском хозяйстве и робототехника. Особое место занимает доступ сельхозпроизводителей к цифровым услугам, который должен осуществляться современными средствами информационно-коммуникационных технологий: мобильные приложения, системы мгновенной передачи сообщений, веб-сайты и электронные платформы. Одной из основных целей цифровизации является создание эквивалентных условий и сокращение разрыва между городами и сельской местностью. РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» к настоящему времени разработало ряд эффективных инструментов для экономического планирования и организации механизированных работ, которые востребованы практикой. Для повышения эффективности существующих программных решений целесообразно сформировать информационно-вычислительную систему механизированных работ, которая будет дополнена недостающими модулями.

Основная часть

Цифровизация сельского хозяйства охватывает широкий спектр решаемых задач и включает не только электронный документооборот в сельскохозяйственном производстве, но также цифровые технологии управления, электронное землепользование, автоматизированные системы обеспечения стабильного роста культурных растений, а комплексный подход к цифровизации экономики позволяет снизить затраты в сельскохозяйственном производстве на 23 % [1–8].

Основными аспектами, которые необходимо учитывать при разработке стратегии цифровизации сельскохозяйственного производства, являются пространственная рассредоточенность аграрного производства, текучесть кадров, высокий уровень риска, пестрота плодородия почв и существенная изменчивость природно-климатических условий.

Учитывая особенности, с которыми приходится сталкиваться при разработке алгоритма цифровизации и учета в растениеводстве, перспектив-

ной последовательностью действий следует считать автоматизированное формирование технологических карт, определение потребности в ресурсах для реализации технологии возделывания зерновых культур и последующую корректировку показателей потребности в ресурсах на основании оперативной информации [9–15].

Для эффективной реализации технологии возделывания зерновых культур необходимо руководствоваться организационно-отраслевыми нормативами [16]. Так, например, в Республике Беларусь в соответствии с отраслевым регламентом на возделывание зерновых культур предъявляются определенные требования к выбору наиболее пригодных для возделывания почв. Отдельно оговариваются лучшие предшественники, а также культуры, после которых не рекомендуется высевать соответствующую зерновую культуру.

Система обработки почвы изложена в отдельном отраслевом регламенте «Обработка почвы. Типовые технологические процессы», а требования к выполнению технологических операций содержат перечень контролируемых показателей, их нормативные значения, допустимые отклонения и методы оценки качества.

Следует выделить следующие требования к выполнению технологических операций, которые охватывают практически весь производственный цикл [16]:

- обработка почвы (лущение, вспашка, чизелевание, культивация, боронование и прикатывание);
- проведение сева;
- уход за посевами (междурядная обработка);
- внесение минеральных удобрений,
- уборочные работы (сроки уборки, высота среза, дробление зерна, чистота зерна в бункере, потери зерна),
- послеуборочная доработка и режим хранения зерна.

Таким образом, в сборнике отраслевых регламентов последовательно изложены требования к почвам, предшественникам, обработке почвы, внесению удобрений, подготовке семян к посеву, уходу, борьбе с вредителями и болезнями, уборке, послеуборочной обработке, хранению, семеноводству, а также основные экономические показатели возделывания зерновых культур [16].

В связи с этим сведения, приведенные в организационно-технологических нормативах возделывания зерновых культур, следует считать отправной точкой для формирования технологических карт, которые позволяют сформировать перечень обязательных технологических операций, выявить качественные показатели и методику их определения, а также определиться со сроками и продолжительностью выполнения сельскохозяйственных работ [16–18].

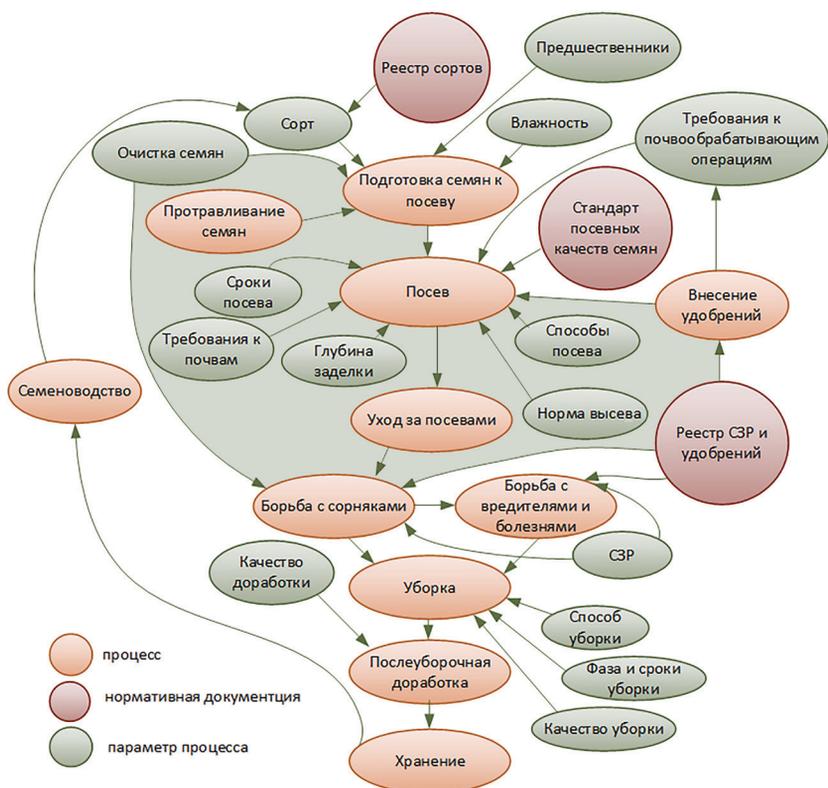


Рис. 1. Схема основных регламентированных процессов и их параметров при возделывании зерновых культур

На рис. 1 представлена схема основных регламентированных процессов и их параметров при возделывании зерновых культур.

На рис. 2 представлена декомпозиция блоков требований к обработке почвы и внесению удобрений при возделывании зерновых культур, на рис. 3 – декомпозиция блоков требований к почвам и предшественникам при возделывании зерновых культур.



Рис. 2. Декомпозиция блоков требований к обработке почвы и внесению удобрений при возделывании зерновых культур: *а* – требования к обработке почвы; *б* – требования к внесению удобрений

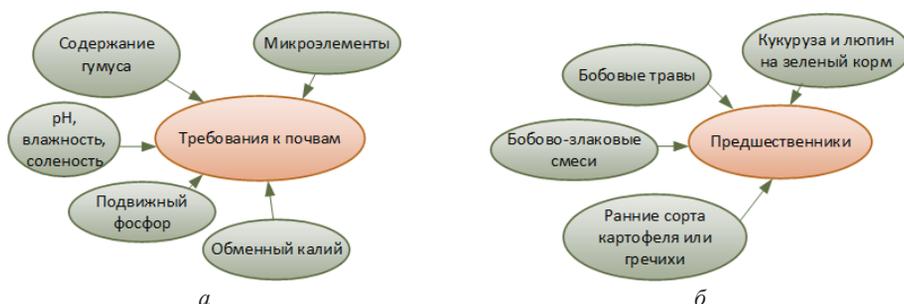


Рис. 3. Декомпозиция блоков требований к почвам и предшественникам при возделывании зерновых культур:
a – требования к почвам; *б* – требования к предшественникам

Исходные данные о последовательности и рекомендуемой отраслевыми регламентами продолжительности выполнения сельскохозяйственных операций можно оформить в виде отдельной таблицы базы данных, однако для уменьшения количества связанных таблиц целесообразно добавить соответствующие поля в уже сформированную ранее таблицу *tech_operation* с перечнем основных технологических операций.

В соответствии со схемами, подставленными на рис. 1–3, системное рассмотрение технологии возделывания зерновых культур как процесса выполнения последовательности сельскохозяйственных операций позволяет выделить входной вектор природно-производственных факторов [19]

$$x = (x_1, x_2, \dots, x_n), \tag{1}$$

где x_1, x_2, \dots, x_n – управляемые и неуправляемые внешние воздействия на процесс возделывания зерновых культур.

К управляемым факторам можно отнести объемы работ, регламентированные параметры выполнения технологического процесса, к неуправляемым – природно-климатические условия. Тогда внутренняя структура технологического процесса возделывания зерновых культур может быть представлена матрицей:

$$a = \left\| a_{ij} \right\|_{n \times m} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1j} & \dots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2j} & \dots & a_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{i1} & a_{i2} & \dots & a_{ij} & \dots & a_{im} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nj} & \dots & a_{nm} \end{pmatrix}, \tag{2}$$

где $a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{im}$ – вектор, характеризующий технико-экономические показатели; $a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{nj}$ – вектор, характеризующий сроки выполнения технологических операций.

На выходе системы, представленной матрицей a , получим вектор y , характеризующий рациональный комплекс и количество технических средств для возделывания зерновых, которые способны выполнить заданный объем работ при экстремальном значении заданных факторов:

$$y = (y_1, y_2, \dots, y_n). \quad (3)$$

Надсистемой процесса возделывания зерновых являются, в том числе? регламентированные ограничения, представленные на рис. 1–3. Таким образом, организация севооборотов, семеноводство, хранение продукции, контроль качества выполнения операций и другие показатели находятся во взаимосвязи с выходными параметрами процесса возделывания зерновых, что в общем виде можно представить уравнением

$$y = f(a, x). \quad (4)$$

Решение уравнения (4) необходимо выполнять поэтапно, путем выделения подсистем и нахождения их внутренних закономерностей. Например, для корректировки сроков выполнения взаимосвязанных технологических операций необходимо обладать достоверной информацией о возможности выполнения основной операции.

Алгоритм цифровизации экономического учета и планирования в сельскохозяйственном производстве на примере возделывания зерновых культур представлен на рис. 4.

Для построения технологических карт используется автоматизированная система их формирования, основой которой является программный интерфейс и подключенные базы данных о технических характеристиках машин и оборудования.

Для автоматизированного формирования технологических карт используются данные из Государственного реестра СЗР и удобрений 2а, организационно-технологические нормативы 2с, а также данные о производственных условиях, таких как уклон местности, контурность и размеры полей, результаты планирования урожайности 2д. Клиентская часть приложения для построения технологических карт 2 разворачивается на отдельной вычислительной машине, данные для построения карт загружаются с сервера баз данных Agronaut.by, где также хранится информация о технической характеристике машин и оборудования 2b для реализации технологии возделывания зерновых культур.

Показатели сформированной технологической карты используются для оценки потребности в ресурсах и вычисления их необходимого коли-

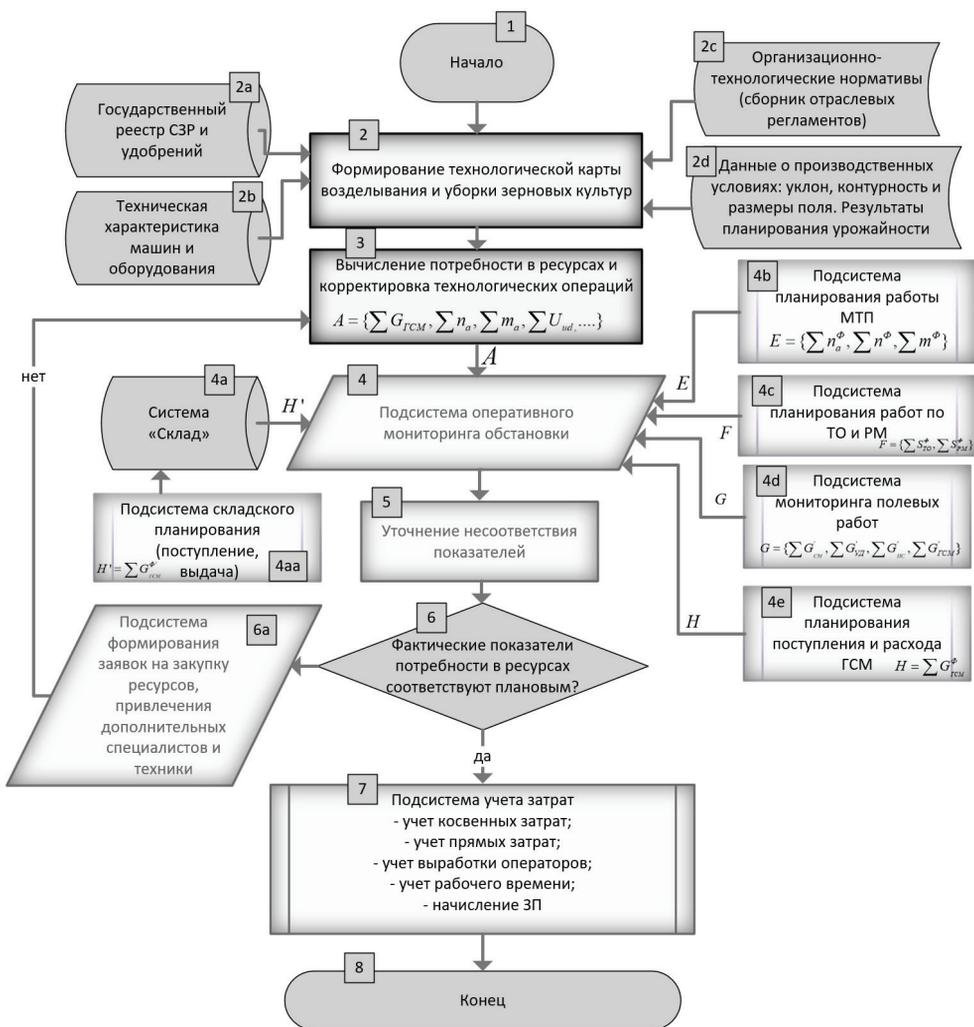


Рис. 4. Алгоритм цифровизации экономического учета и планирования в сельскохозяйственном производстве на примере возделывания зерновых культур

чества в модуле 3. Практическая реализация вычислений осуществляется в едином программном блоке автоматизированного построения технологических карт 2 и вычисления потребности в ресурсах с корректировкой технологических операций 3. Далее данные передаются на отдельный компьютер, на котором развернута система оперативного мониторинга обстановки 4.

Система оперативного мониторинга 4 состоит из программного обеспечения и аппаратной базы для обработки большого объема данных, которые стекаются из различных источников.

Программная реализация подсистемы складского планирования 4а основывается на использовании существующих решений для учета и пла-

нирования в сельскохозяйственном производстве. Основным таким программным обеспечением может быть «1С: Бухгалтерия сельскохозяйственного предприятия для Беларуси» с дополнительным модулем отправки пакетов данных о текущем запасе материальных ресурсов в подсистему оперативного мониторинга 4, а также с подсистемой складского планирования (поступление и выдача материальных ресурсов) 4аа.

Подсистема оперативного планирования работы машинно-тракторного парка 4b представляет собой приложение для стационарных компьютеров и мобильных устройств, которое позволяет вести учет наличия исправной техники, водителей и трактористов и оценивать оперативные возможности выполнения механизированных работ в интерактивном режиме. Подсистемы приложения должны развертываться на мобильных устройствах и компьютерах в диспетчерской, а также у руководителей структурных подразделений: у инженеров по сельскохозяйственной технике, трудоемким процессам и у главного инженера и главного агронома. Аналогично должна быть реализована подсистема планирования работ по техническому обслуживанию и ремонту техники 4с. Оперативный учет и отправку данных в подсистему оперативного мониторинга обстановки 4 должен вести заведующий ремонтными мастерскими. Обслуживание подсистемы мониторинга полевых работ 4d осуществляется главным агрономом, а подсистема планирования и расхода поступления горюче-смазочных материалов 4е развертывается на заправочной станции сельскохозяйственного предприятия.

После обработки данных в подсистеме оперативного мониторинга обстановки 4 результаты вычислений поступают в блок 5 уточнения несоответствия показателей, где проводится сверка соответствия фактических показателей потребности в ресурсах и плановых показателей, которые вычислены на основании сформированной технологической карты возделывания зерновых культур 2. В случае соответствия показателей данные передаются в подсистему учета затрат 7, которая развертывается на компьютерах планового отдела сельскохозяйственного предприятия. В случае несоответствия показателей данные передаются в модуль 6а, который в автоматизированном режиме формирует заявки на закупку дополнительных ресурсов и привлечение специалистов для реализации технологии возделывания зерновых культур в Монголии и Республике Беларусь.

Заключение

1. Выполнено системное рассмотрение процессов технологии возделывания зерновых культур и сформирована теоретическая база для реализации цифрового экономического учета и планирования в сельскохозяйственном производстве на примере возделывания зерновых культур.

2. Разработан алгоритм цифровизации экономического учета и планирования в сельскохозяйственном производстве на примере возделывания зерновых культур, который может быть положен в основу при разработке программных модулей и формировании аппаратной базы для автоматизации учета и планирования производственных процессов сельскохозяйственных предприятий.

Список использованных источников

1. Советникова, О. П. Необходимость модернизации сельского хозяйства в Республике Беларусь в условиях цифровой экономики / О. П. Советникова, А. В. Петрова // Вестник ВГТУ. – 2022. – № 2 (43). – С. 181–191.

2. Буклагин, Д. С. Цифровые технологии управления сельским хозяйством / Д. С. Буклагин // Международный научно-исследовательский журнал, Екатеринбург. – 2021. – № 2 (104). – С. 136–144.

3. Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство»: офиц. изд. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех». – 2019. – 48 с.

4. Козубенко, И. С. Вводим цифровые технологии / И. С. Козубенко // Информ. бюл. Минсельхоза России. – 2018. – № 7. – С. 13–19.

5. Ткаченко, В. В. Разработка комплексной автоматизированной информационной системы поддержки принятия решений в управлении технологическими процессами растениеводства (на материалах АПК Краснодарского края) / В. В. Ткаченко, Н. Н. Лытнев // Вестник Академии знаний. – 2018. – № 29 (6). – С. 249–253.

6. Вартанова, М. Л. Перспективы цифровизации сельского хозяйства как приоритетного направления импортозамещения / М. Л. Вартанова, Е. В. Дробот // Экономические отношения. – 2018. – Т. 8, № 1. – С. 1–18.

7. Тимофеева, Н. С. Стратегическое планирование в условиях цифрового сельского хозяйства // Кант. – 2019. – № 3 (32). – С. 364–369.

8. Инюшкина, О. Г. Проектирование информационных систем (на примере методов структурного системного анализа): учебное пособие / О. Г. Инюшкина. – Екатеринбург: «Форт-Диалог Исеть», 2014. – 240 с.

9. Гравшина, И. Н. К вопросу повышения конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции в условиях цифровой трансформации / И. Н. Гравшина, Н. И. Денисова, В. Н. Кузьмин // Агробизнес: экономика, упр. – 2019. – № 11. – С. 77–83.

10. О бухгалтерском учете и отчетности: Закон Респ. Беларусь от 12 июля 2013 г. № 57-3.

11. Intuit QuickBooks: Software [Electronic resource] / Farm Biz Accounting. – Mode of access: <https://quickbooks.intuit.com>. – Date of access: 13.11.2023.

12. Farm Biz Accounting Software [Electronic resource] / Farm Biz Accounting. – Mode of access: https://farmbiz.com/farm_biz.php/. – Date of access: 27.11.2023.

13. FarmBooks Accounting Software [Electronic resource]: Program Overview. – Mode of access: <http://www.farmbooksaccounting.com>. – Date of access: 27.11.2023.

14. EasyFarm Revolutionizing Farm and Ranch Management [Electronic resource]: Software / EasyFarm Plus. – Mode of access: <https://easyfarm.farm/product/easyfarm-plus>. – Date of access: 13.11.2023.

15. 1С:Предприятие 8. Бухгалтерия сельскохозяйственного предприятия для Беларуси [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://solutions.1c.ru/catalog/agr-buh-bel/buy>. – Дата доступа: 27.11.2023.

16. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур : сб. отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, НПЦ НАН Беларуси по земледелию ; рук. разработ. : Ф. И. Привалов [и др.]. – Минск : Беларус. навука, 2012. – 288 с.

17. Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь : справ. изд. / А. В. Пискун [и др.]. – Минск, 2020. – 742 с.

18. Система перспективных машин и оборудования для реализации эффективных технологий производства и первичной переработки основных видов продукции растениеводства и животноводства на 2021–2025 годы и на период до 2030 года : (метод. рекомендации) / Нац. акад. наук Беларуси [и др.]. – Минск : Беларус. навука, 2024. – 118 с.

19. Шило, И. Н. Оптимизация стратегии технического оснащения сельскохозяйственного производства в условиях различных форм хозяйствования: дис. ... д-ра техн. наук : 05.20.03 / И. Н. Шило. – Минск, 1993. – 286 л.

Д. И. Комлач, к. т. н., доцент,
В. В. Голдыбан, к. т. н., доцент, **В. П. Селиванова**

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

ТРЕБОВАНИЯ К АВТОНОМНЫМ МОБИЛЬНЫМ АГРЕГАТАМ ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

Аннотация. В статье представлен перечень требований, предъявляемых к автономным мобильным агрегатам для внесения средств защиты растений. Разработанный перечень требований базируется на нормативной документации в области механизации сельского хозяйства и может быть использован при проектировании автономных мобильных агрегатов для сельскохозяйственных нужд.

Ключевые слова: автономный мобильный агрегат, средства защиты растений, точное земледелие.

D. I. Komlach, PhD, Assoc. Prof., **V. V. Goldyban**, PhD, Assoc. Prof., **V. P. Selivanova**

*RUE “SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization”
Minsk, Republic of Belarus
E-mail: info@belagromech.by*

REQUIREMENTS FOR AUTONOMOUS MOBILE AGGREGATES FOR APPLICATION OF CROP PROTECTION MEANS

Abstract. The article presents a list of requirements for autonomous mobile aggregates for application of crop protection means. The developed list of requirements is based on the normative documentation in the field of agricultural mechanization and can be used in the design of autonomous mobile aggregates for agricultural needs.

Keywords: autonomous mobile aggregate, crop protection means, precision agriculture.

Введение

Природно-климатические условия Республики Беларусь благоприятствуют распространению и развитию порядка 65 видов опасных вредителей, 100 видов болезней и 300 разновидностей сорняков. Потенциальные потери урожая сельскохозяйственной продукции от вредителей, болезней и сорняков при отсутствии эффективной защиты составляют 25–40 %, а по некоторым культурам – 90 %. Своевременная защита растений сохраняет 5–12 ц/га урожая зерновых, 40–150 ц/га картофеля, корнеплодов, плодов и овощей. По подсчетам ученых, затраты на препараты возвращаются в 1,5–2-кратном размере.

Больше, чем для других культур, пестициды применяются для выращивания пропашных культур.

Широкое применение химических средств защиты растений при несовершенстве технологий и технических средств внесения, несоблюдении агротехнических и технологических требований приводят к перерасходу дорогостоящих препаратов и негативному воздействию на экологию и организм человека.

Количество вносимых средств химической защиты растений в Республике Беларусь в период с 2015 по 2023 г. поддерживается на стабильном уровне – 10 тыс. тонн [1]. В последние годы прослеживается тенденция по снижению общего количества вносимых средств химической защиты растений и рациональному их распределению путем совершенствования средств механизации сельского хозяйства.

Практически все виды пестицидов способны вызывать заболевания органов дыхания, желудочно-кишечного тракта, центральной нервной системы, кроветворных органов. Но самым опасным является то, что пестициды могут спровоцировать синтез раковых клеток в организме человека.

Согласно данным ВОЗ, ежегодно в мире происходит от 500 тыс. до 1 млн отравлений пестицидами. До 20 тыс. человек в результате интоксикации погибают. Около 50 % отравлений и 75 % смертей приходится на людей, которые непосредственно контактируют с пестицидами, – в основном работников сельского хозяйства [2].

В утвержденных Правительством стратегии и национальном плане действий по предотвращению деградации земель (постановление Совета Министров Республики Беларусь от 15.06.2021 № 341 «О Национальном плане действий по предотвращению деградации земель (почв) на 2021–2025 годы») запланировано обеспечение общей пестицидной нагрузки на почвы при проведении сельскохозяйственных работ на уровне не более: в 2021 г. – 2,68 кг, в 2022 г. – 2,66 кг, в 2023 г. – 2,64 кг, в 2024 г. – 2,62 кг, в 2025 г. – 2,6 кг на 1 га пашни (мероприятие 14). Доктриной национальной продовольственной безопасности до 2030 г., утвержденной Правительством в декабре 2017 г., определены индикаторы экологической устойчивости сельскохозяйственного производства до 2030 года, среди которых предусмотрена общая пестицидная нагрузка на один гектар пашни не более 2,5 кг.

Для достижения запланированных программных показателей предусматривается использование систем точного земледелия и их элементов при внесении средств защиты растений (мероприятие 20 постановления Совета Министров Республики Беларусь от 15.06.2021 № 341).

Точные технологии в сельском хозяйстве позволяют минимизировать использование химических удобрений и пестицидов, что способствует со-

хранению биоразнообразия и здоровья человека. Также применение для внесения средств химической защиты растений автономных мобильных агрегатов сводит к минимуму контакт человека с вредными химическими соединениями.

В соответствии с нормативными документами [3–5] для транспортных средств, применяемых для агрегатирования рабочих органов для внесения средств защиты растений, установлен ряд требований, регламентирующих конструктивные особенности транспортных средств.

Основная часть

При обосновании формообразующих критериев для разработки автономного мобильного агрегата был применен комплексный подход, включающий в себя определение ограничивающих параметров при выборе вида транспортного средства и вида агрегатируемых рабочих органов. Комплексный подход подразумевает декомпозицию проектируемого агрегата на транспортную систему и систему для внесения средств защиты растений. Транспортная система, в свою очередь, включает в себя ходовую часть с элементами цепного привода и аппаратно-программное обеспечение, необходимое для обеспечения автономного движения.

Технологическая колея транспортного средства определяется непосредственно шириной междурядья возделываемой культуры. В Республике Беларусь пропашные культуры в основном возделываются с шириной междурядья 450, 750 или 900 мм. Следовательно, технологическая колея автономного мобильного агрегата должна быть кратной выбранному значению.

Дорожный просвет (клиренс) при междурядной обработке на самоходных опрыскивателях с штанговой системой внесения средств защиты растений должен составлять, в соответствии с установленными требованиями, не менее 650 мм [6].

Тип движителя транспортного средства определяется условиями эксплуатации. В данном случае, учитывая все исходные данные, к системе перемещения предъявляются следующие требования:

- выбранный тип шин должен обеспечивать высокую проходимость транспортного средства в условиях бездорожья;
- диаметр колеса вместе с кронштейном должен обеспечивать необходимый клиренс.

При проектировании автономного мобильного агрегата должно быть установлено ограничение максимально допустимой скорости движения – 5 км/ч, что равно усредненному значению скорости передвижения человека [7]. Данное ограничение позволит в случае необходимости экстренной остановки агрегата осуществить это вручную. Также для обеспечения

безопасности для человека предусмотрено ручное дистанционное управление для перемещения автономного мобильного агрегата на небольшие расстояния. Движение агрегата по полю должно осуществляться с применением протокола автономного перемещения. Для преодоления естественных препятствий при полевой работе на автономном мобильном агрегате должны быть размещены датчики, обеспечивающие их своевременное обнаружение.

Оптимальным способом перемещения автономного мобильного агрегата в междурядьях культур и на разворотных полосах является применение полного привода на четыре колеса. Для уменьшения дистанции разворота агрегата между рядами необходимо применение дифференциального поворота.

Наряду с требованиями к транспортной системе автономного мобильного агрегата, нормативные документы также обозначают ряд требований, предъявляемых непосредственно к системам рабочих органов для внесения средств защиты растений.

Опрыскивающий аппарат должен быть прочно прикреплен к автономному мобильному агрегату. Места, представляющие возможную угрозу физических повреждений, например, место складывания штанги или механизма регулировки высоты, должны быть ограждены. В случае невозможности установки ограждений следует установить ясные специальные предупреждающие знаки. Опрыскиватель не должен протекать в рабочем состоянии при номинальном давлении и расходе жидкости. Должны отсутствовать острые края, абразивные места и ненужные выступающие края, которые могут поранить оператора. Конструкция бака должна обеспечить его механическую прочность. На баке должна быть четкая и стойкая маркировка с указанием максимально допустимого уровня наполнения, составляющего не более 95 % общего объема бака. Опрыскиватель должен быть оснащен средствами измерения уровня жидкости в опрыскиваемом баке. Конструкция штанги должна быть жесткой, так чтобы все форсунки вдоль штанги оставались на высоте до 50 мм над объектом.

Норма внесения пестицидов является важным классификационным параметром процесса внесения пестицидов с использованием оборудования для опрыскивания. Для каждого из используемых средств защиты растений норма расхода определяется максимальным и минимальным значением, при котором препарат эффективно работает без вреда для обрабатываемой культуры. Основные виды опрыскивания по норме внесения – полнообъемное, малообъемное и ультрамалообъемное

Полнообъемное опрыскивание проводится при норме расхода 300–1000 л/га с коэффициентом полидисперсности капель рабочей жидкости 7–15. Полнообъемное опрыскивание не является предпочтительным ме-

тодом опрыскивания в современных реалиях. Его основные недостатки: большие затраты энергии, низкая производительность из-за частых остановок опрыскивателя для заправки рабочей жидкостью, загрязнение почвы пестицидами, которые стекают с растений в результате их излишнего смачивания. При использовании метода полнообъемного опрыскивания в тандеме с автономным мобильным агрегатом производительность будет составлять даже менее указанного выше. Учитывая планируемую грузоподъемность, автономной платформе будет необходимо ехать на дозаправку рабочей жидкостью после каждого обработанного гектара.

Ультрамалообъемное опрыскивание проводится при норме расхода рабочей жидкости 1–20 л/га, коэффициент полидисперсности капель рабочей жидкости 1,3–3. Для ультрамалообъемного опрыскивания не требуется растворять рабочую жидкость, вследствие чего норма расхода рабочей жидкости значительно уменьшается. Этот способ обработки очень производителен и малотрудоемок. Однако метод ультрамалообъемного опрыскивания имеет и существенные недостатки: сильная зависимость качества обработки от метеорологических условий, значительный снос рабочей жидкости, вероятность попадания концентрата в почву. При скорости ветра около 3 м/с количество сносимой распыленной жидкости по отношению к осевшей на ширине захвата составляет от 20 до 50 %. Вследствие высокой агрессивности препаратов для изготовления рабочих узлов автономного мобильного агрегата с функцией внесения средств защиты растений требуется применение высококачественных коррозионно-стойких материалов. Технология ультрамалообъемного опрыскивания применима для автономных агрегатов только при наличии технических средств (камер, датчиков, алгоритмов визуального распознавания), обеспечивающих точное внесение средств химической защиты растений.

Малообъемное опрыскивание проводится при норме расхода 75–300 л/га, коэффициент полидисперсности капель рабочей жидкости 3–7. При его использовании отмечаются увеличение производительности средств механизации процесса внесения средств химической защиты растений вследствие более рационального использования рабочего времени, достигается более высокое качество обработки, в частности, лучшее проникновение капель в глубину растительного слоя и более высокая равномерность покрытия, отсутствие стекания рабочей жидкости с поверхностей растений на почву. Осадок пестицидов, образовавшийся после испарения жидкости, дольше удерживается на растениях, менее подвержен воздействию ветра, росы, дождя, солнечных лучей, сохраняя при этом токсичность к вредным организмам. Исходя из указанного выше, технология малообъемного опрыскивания наиболее совместима с применением автономных мобильных агрегатов.

Неравномерность распределения рабочей жидкости, выраженная коэффициентом вариации, должна составлять для штанговых опрыскивателей со стандартными щелевыми распылителями не более 15 %, для штанговых опрыскивателей, оснащенных дефлекторными распылителями, – не более 20, для штанговых опрыскивателей с вращающимися дисковыми распылителями, вращающимися сетчатыми барабанами – не более 25 %. Допускается неравномерность распределения пестицида по ширине захвата до 30 %, а по длине гона – до 25 %. Допустимое отклонение фактической дозы от заданной ± 15 %. Рабочая жидкость в баке должна быть однородной по составу; отклонение ее концентрации от расчетной не должно превышать ± 5 %. При обработке посевов в период вегетации повреждение растений ходовыми колесами не должно превышать 1 %.

Все мероприятия должны проводиться в максимально сжатые сроки, так как опоздание с проведением мероприятий по обработке пестицидами сельскохозяйственных культур может привести к потере части или всего урожая и к неоправданной затрате средств. Борьба с сорной растительностью в посадках картофеля проводится в три этапа: осенью – после уборки предшественника; весной – до всходов и во время вегетации.

Опрыскивание должно осуществляться в промежуток 8–11 часов утра и 18–22 часа вечера, а при необходимости – ночью. Такой режим обработки соблюдается для уменьшения взаимодействия распыленной рабочей жидкости и солнечной радиации.

Обработка с использованием вентиляторных и штанговых опрыскивателей должна проводиться при благоприятных метеорологических условиях и обеспечении безопасных условий труда: скорости ветра не более 4 м/с, относительной влажности воздуха не менее 40 и не более 80 % и при температуре воздуха, указанной в рекомендациях по применению конкретных пестицидов (средств защиты растений), агрохимикатов и минеральных удобрений.

Минимизация воздействия пестицидов на организм человека при проведении мероприятий по внесению средств химической защиты растений осуществляется соблюдением требований по работе с пестицидами [8].

Регламентация опасности для человека проводится методом определения риска здоровью работающих при применении пестицидов [9]. Допустимые нормы экспозиции для работника агропромышленного комплекса зависят как от непосредственно применяемого вещества, так и от факторов индивидуальной непереносимости препарата человеком.

Действующие нормативные документы распространяются на все производственные объекты, процессы и оборудование, связанные с применением, условиями перевозки и хранения средств защиты растений. Основным и главным фактором, оказывающим позитивное влияние на минимизацию

воздействия пестицидов на организм человека, является ограничение непосредственного контакта человека со средствами химической защиты растений непосредственно в процессе обработки посевов. Таким образом, применение автономного мобильного агрегата, передвижение которого на местности при помощи системы глобального позиционирования (GPS) может быть определено до начала работ по внесению пестицидов, исключит контакт человека с опасными для здоровья веществами. Система дистанционного управления транспортным средством также позволит оператору находиться на безопасном расстоянии от обрабатываемой местности.

Заключение

В результате проведенного исследования нормативных документов и рецензируемых литературных источников был разработан перечень требований, предъявляемых к автономным мобильным агрегатам для внесения средств защиты растений. Рассмотрены технические требования к конструкции автономных мобильных агрегатов, а также к процессу внесения средств защиты растений. Предложены пути минимизации воздействия средств защиты растений на человека, которые возможно реализовать на этапе проектирования систем автономных мобильных агрегатов.

Список использованных источников

1. F.4. Внесение пестицидов [Электронный ресурс] // Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/makroekonomika-i-okruzhayushchaya-sreda/okruzhayushchaya-sreda/sovmeznaya-sistema-ekologicheskoi-informatsii2/f-2-vnesenie-udobrenii/f-4-vnesenie-pestitsidov>. – Дата доступа: 20.02.2024.
2. Вейнберг, Д. Опасные пестициды и СПМРХВ – Пособие для НПО [Электронный ресурс] / Д. Вейнберг. – Режим доступа: https://ipen.org/sites/default/files/documents/ngo_guide_hazpest_saicm-ru.pdf. – Дата доступа: 24.02.2023.
3. Техника сельскохозяйственная. Машины для защиты растений. Опрыскиватели. Методы испытаний : ГОСТ 34630–2019. – Введ. 01.10.2021. – Минск : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации ; Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2021. – 46 с.
4. Система стандартов безопасности труда. Применение пестицидов для защиты растений. Требования безопасности : ГОСТ 12.3.041-86. – Введ. 01.01.1987. – Минск : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации ; Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1987. – 3 с.
5. Монтируемые на транспортных средствах и прицепные опрыскиватели // Руководства по стандартам для сельскохозяйственной опрыскивающей техники и процедурам соответствующих испытаний. – Субрегиональное бюро ФАО для стран Центральной Азии (ФАО-СЕК). – 2013. – 34 с.
6. Культиваторы пропашные. Типы и основные параметры : ГОСТ 1114-84. – Введ. 01.01.1986. – Минск : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации ; Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1986. – 12 с.

7. Bohannon, R. Normal walking speed: a descriptive meta-analysis / R. Bohannon, A. Andrews // *Physiotherapy*. – 2011. – Vol. 97. – P. 182–189. DOI: 10.1016/j.physio.2010.12.004.

8. Санитарные нормы и правила «Требования к применению, условиям перевозки и хранения пестицидов (средств защиты растений), агрохимикатов и минеральных удобрений» [Электронный ресурс] // Министерство здравоохранения Республики Беларусь. – Режим доступа: https://minzdrav.gov.by/upload/lcfiles/text_tnpa/000357_858279_PostMZ_N149_2012_SanPin_GigNorm/.pdf. – Дата доступа: 01.03.2024.

9. Метод определения риска здоровью работающих при применении пестицидов [Электронный ресурс] // Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://mshp.gov.by/ru/protection-ru/view/metod-opredelenija-riska-zdorovju-rabotajuschix-pri-primenenii-pestitsidov-2168>. – Дата доступа: 04.03.2024.

Д. И. Комлач, к. т. н., доцент, **А. С. Воробей**, к. т. н., доцент,
А. Н. Юрин, к. т. н., доцент

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

ЭЛЕКТРОННО-АНАЛИЗИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ НАСТРОЕК КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЛИНИЙ ДЛЯ ПРЕДРЕАЛИЗАЦИОННОЙ ПОДГОТОВКИ КАРТОФЕЛЯ

Аннотация. В статье определены предельные нагрузки на сжатие клубня картофеля, на обдир кожуры, на разрыв кожуры, которые легли в основу разработки электронно-анализирующего устройства для определения возникновения опасных зон возникновения механических повреждений серийных линий для предреализационной подготовки картофеля.

Ключевые слова: механические повреждения, клубни, картофель, опасные зоны, кожура, сжатие, обдир, разрыв, нагрузки, программное обеспечение, электронное анализирующее устройство.

D. I. Komlach, PhD, Assoc. Prof., **A. S. Verabei**, PhD, Assoc. Prof.,
A. N. Yuryn, PhD, Assoc. Prof.

*RUE "SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization"
Minsk, Republic of Belarus
E-mail: labpotato@mail.ru*

ELECTRONIC-ANALYZE DEVICE FOR BUILD CONSTRUCTION PARAMETERS AND MODES WORK LINES BEFORE RELEASE REPAIR POTATOES

Abstract. In article were determined maximum loads for compression tubers of potatoes, for friction skin, for tear skin, which were based to create electronic analyze device for emerge damages zones serially lines for before release potatoes.

Keywords: mechanical damages, the tubers of potatoes, damages zones, skin, compression, friction, tear, loads, software, electronic analyze device.

Введение

Потери урожая картофеля достигают от 25 до 30 % [1]. Из них потери при механизированной уборке составляют 13 %, при погрузочно-разгрузочных работах и транспортировке – 5–9 %, и при хранении и сортировке – до 7–10 %. Главным образом эти потери связаны с механическими

повреждениями клубней картофеля. Причины, вызывающие повреждения, заключаются в том, что клубни в процессе выкапывания, транспортировки, сортировки испытывают различные нагрузки: динамические и статические. Ударам подвергаются клубни на сепарирующих рабочих органах – элеваторах и грохотах, при падении с одного рабочего органа на другой, при загрузке и разгрузке транспортных средств. Чем больше взаимодействий с рабочими органами испытывают клубни в процессе уборки и послеуборочной доработки семенного картофеля, тем больше вероятность их повреждения.

Количество наносимых повреждений зависит как от конструктивных особенностей рабочих органов, так и от соответствия их кинематических параметров и режимов условиям работы, сложившимся на момент предреализационной подготовки. Неправильно отрегулированные линии для предреализационной подготовки в процессе работы могут повреждать более 30 % клубней, что говорит о необходимости периодического контроля качества сортируемого картофеля [2].

Для определения максимально допустимых сжимающих, растягивающих и изгибающих нагрузок, действующих на клубни картофеля, были выбраны четыре сорта картофеля с содержанием влаги от 80 до 86 %. Клубни, у которых определялись сжимающие нагрузки, были промаркированы и упакованы в бумажные пакеты, а затем помещены в холодильную камеру на хранение. Хранение продолжалось с 1 по 18 мая 2020 г.

По истечении срока хранения клубни картофеля были отправлены на исследования по определению максимальных нагрузок на сжатие клубня картофеля, на разрыв и на обдир картофельной кожуры. Испытания проводились с использованием машины Tinius Olsen H150K-U (рис. 1).

В процессе хранения и транспортировки картофель, как правило, подвергается различным нагрузкам в реальных условиях. Поэтому очень важно определить прочностные свойства целого картофеля в этих условиях. Подготовка испытаний картофеля на сжатие включала в себя выбор фиксированной скорости сжатия образца, составившую 15 мм/мин. Также был проведен однофакторный опыт по определению содержания влаги.

Для исследований были отобраны клубни картофеля четырех сортов. После определения влажности они были подвергнуты сжатию в направлении оси Z под влажосодержанием естественного хранилища. Для каждого сорта было проведено четыре повторных испытания при одинаковом содержании влаги. Данные были статистически проанализированы, и было взято среднее их значение. Во время испытания в качестве нагрузочного устройства использовались металлические диски (рис. 2). Клубень картофеля целиком был помещен в центр между дисками.



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



Рис. 2. Вид клубня картофеля при испытании на сжатие

После окончания опыта данные о сжимающих нагрузках заносились в табл. 1.

Таблица 1. Результаты испытаний на сжатие

Сорт картофеля	Максимальная нагрузка, Н	Среднее значение влажности, %
Скарб	1267	81,0
Бриз	1405	86,2
Лель	995	82,0
Лиляя	953	82,2

Исследования клубней картофеля на сжатие показали, что основной причиной влияния содержания влаги на прочность на сжатие картофеля состоит в том, что картофель является вязкоупругим твердым сельскохо-

зыйственным материалом, а разное содержание влаги приводит к разнице его внутренней структуры и механической прочности. Чем выше содержание влаги, тем прочнее внутренняя ткань картофеля, тем выше устойчивость к его разрушению; при воздействии внешних нагрузок жидкость внутри ячейки может вызвать воздействие внутреннего давления на стенку ячейки. Это позволяет клеткам находиться в состоянии упругого давления, проявляя упругие свойства, таким образом, картофель легко деформируется и его способность к сжатию уменьшается. По мере того как содержание влаги уменьшается, клеточное давление во внутренней ткани картофеля снижается, показывая увеличение жесткости и эластичности внутренней клеточной стенки, кроме того, внутренняя ткань плотно связана, твердость корнеплодов картофеля увеличивается.

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

Определение прочностных свойств на разрывающие нагрузки. Для определения прочностных свойств кожуры клубней картофеля были взяты фрагменты образцов кожуры картофеля, полученных из наибольшей площади на клубне картофеля в продольном и поперечном направлениях соответственно.

Для испытаний на разрывающие нагрузки кожура четырех сортов нарезалась специализированным инструментом (рис. 3, 4) на фрагменты с заданными параметрами: ширина – 15 мм, длина – 40 мм, толщина – 2 мм. Два фрагмента кожуры клубней нарезались продольно, от верха клубня до низа, два – поперечно, от левого края клубня до правого.

Фрагменты вставлялись в металлические зажимы машины Tinius Olsen H150K-U. Скорость перемещения металлических зажимов составила 1 мм/мин. На рис. 5 представлен вид картофельной кожуры на разрыв.

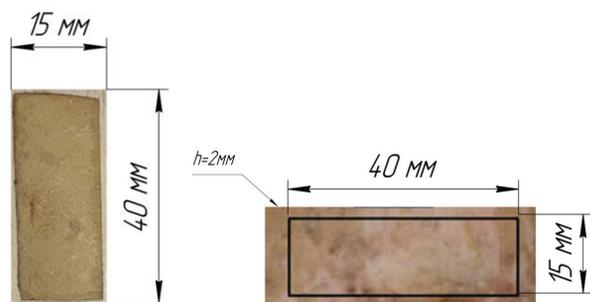


Рис. 3. Образец фрагмента кожуры клубня картофеля с заданными параметрами



Рис. 4. Инструмент для нарезки клубней картофеля на фрагменты



Рис. 5. Испытание на разрыв кожуры картофеля

После того как происходил полный разрыв фрагмента кожуры клубня картофеля, опыт прекращался. Данные разрывающих нагрузок заносились в табл. 2.

Таблица 2. Результаты испытаний на разрыв

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

В результате проведенных испытаний было определено, что наиболее прочной кожей обладает сорт Бриз, так как на него необходимо затратить максимальную нагрузку на разрыв в продольном направлении, равную 14,6 Н, при которой сопротивление разрыву будет равно 0,541 МПа, в поперечном направлении максимальная нагрузка составила 19,6 Н, а сопротивление разрыву – 0,600 МПа. А наиболее легко поддается разрыву сорт Лиляя, которому достаточно приложенной нагрузки в продольном направлении 9,88 Н, при которой сопротивление разрыву составило 0,419 МПа, а в поперечном направлении – 9,8 Н при сопротивлении 0,384 МПа соответственно.

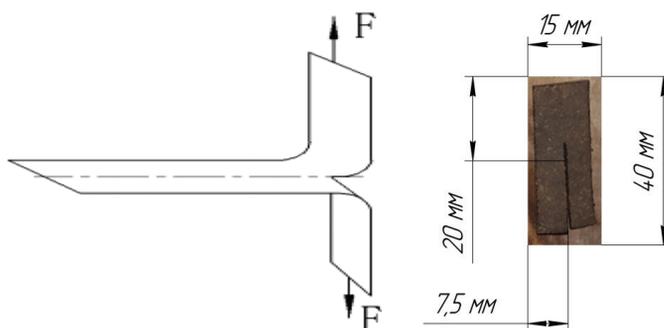


Рис. 6. Вид фрагмента кожуры клубня картофеля для проведения испытания на обдир



Рис. 7. Испытание на обдир образцов кожуры картофеля

Для проведения исследования на обдир картофельной кожуры клубни картофеля нарезались в поперечном направлении фрагментами с заданными параметрами: 15 мм в ширину и 40 мм в длину (рис. 6).

На фрагменте кожуры картофельного клубня с указанными параметрами делался надрез посередине, 7,5 мм от края до середины и сверху вниз до середины 20 мм.

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

Испытания продолжались до тех пор, пока нагрузка не начинала уменьшаться. Результаты испытаний приведены в табл. 3.

Таблица 3. Результаты испытаний на обдир

Сорт картофеля	Максимальная нагрузка, Н
Скарб	0,597
Бриз	0,624
Лель	0,586
Лиля	0,470

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

Все проведенные исследования по определению нагрузок на клубни картофеля легли в основу разработки электронно-анализирующего устройства (ЭАУ) по выявлению возникновения опасных зон по предупреждению повреждений клубней картофеля от уборки и в линиях для предреализационной его подготовки. Конструктивно-технологическая схема ЭАУ представляет собой объект управления (ОУ), представляющий собой эластичную сферу, помещенную в процессе эксплуатации в среду, близкую к той, в которой происходит уборка картофеля. ОУ механически связан с датчиком давления (ДД), аналоговый сигнал от которого поступает на вычислительный модуль (ВМ), одновременно принимающий цифровые данные от барометрического датчика (БД). Обработанные данные ВМ передает по цифровому интерфейсу на коммуникационный модуль (КМ), и с его помощью – удаленному оператору (ОП), который в режиме реального времени анализирует состояние искусственного картофеля (рис. 8).

Для реализации описанной выше схемы определен ряд электронных компонентов и комплектующих изделий, перечисленных ниже. Так, в состав электронного анализирующего устройства вошли следующие комплектующие:

- микропроцессорная плата Lolin32;
- барометрический датчик GY-BME280-3.3;

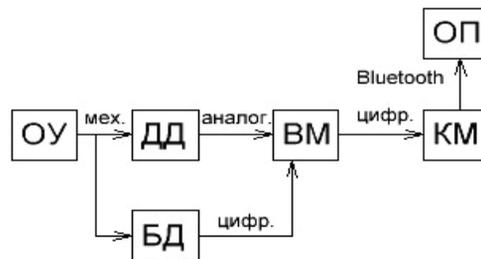


Рис. 8. Структурная схема электронного анализирующего устройства

- дифференциальный датчик давления MPX5010DP;
- преобразователь постоянного напряжения DCDC1-5/ZC09900/5B, повышающий;
- батарея из двух аккумуляторов литий-полимерных LP502540;
- разъем балансировочный НВ-02 типа «розетка на кабель с контактами»;
- разъем балансировочный WB-04 типа «вилка на плату»;
- разъем балансировочный НВ-04 типа «розетка на кабель с контактами»;
- разъем USB-A;
- многооборотные подстроечные резисторы номиналами 50 кОм и 100 кОм;
- переключатель движковый ON-ON, 3 вывода.

Внешний вид корпуса электронного анализирующего устройства и схематическое расположение основных комплектующих в корпусе представлен на рис. 9. Корпус выполнен из пластика PLA методом 3D-печати. После установки электронных комплектующих составные части корпуса герметизируются пропайкой швов.

Корпус устройства полностью погружается в эластичную сферу, которая может быть заполнена жидкостью или газом. Для включения-выключения устройства, заряда аккумулятора, обмена данными и поддержания внутри устройства атмосферного давления используется пробка. В корпусе пробки смонтированы ползунковый переключатель и электрический 4-контактный разъем. Пробка связана с корпусом устройства герметичной трубкой ПВХ, внутри которой проложены провода. Через эту же трубку давление внутри корпуса устройства уравнивается с атмосферным давлением воздуха.

Описанная выше компоновка устройства проиллюстрирована на рис. 10.

На рис. 11 представлена структурная схема электронного анализирующего устройства.

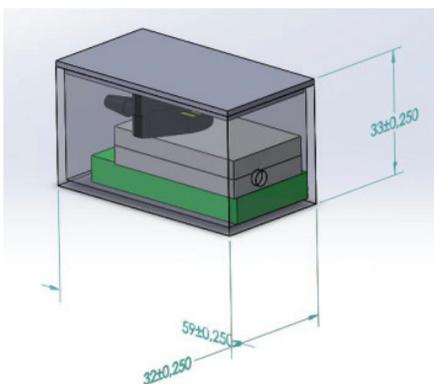


Рис. 9. Корпус электронного анализирующего устройства

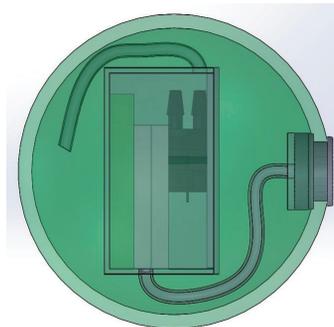


Рис. 10. Компоновка устройства

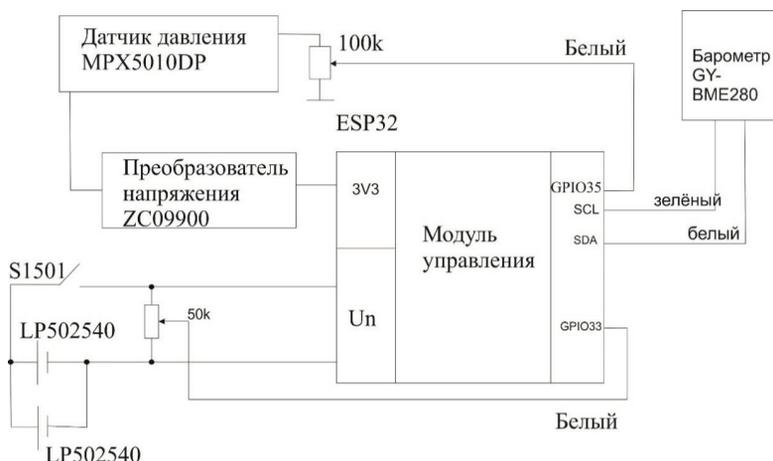


Рис. 11. Структурная схема электронного анализирующего устройства

Принцип работы ЭАУ. Задача устройства состоит в измерении давления, прилагаемого к резиновой сфере. По причине того, что верхняя граница диапазона изменения давления на корпус эластичной сферы много меньше атмосферного давления, абсолютные датчики давления не позволяют получить удовлетворительное соотношение сигнал/шум. Исходя из этого в основу устройства положен дифференциальный датчик давления воздуха MPX5010DP, измеряющий разницу давлений на двух портах в диапазоне от 0 до 10 кПа. Один из портов датчика соединен с трубкой, заполненной воздухом и помещенной в жидкость внутри резиновой сферы. Внешнее давление на сферу через жидкость оказывает давление на воздух в трубке. Разница между этим давлением и давлением на втором порту датчика преобразуется в электрический сигнал. Далее сигнал преобразуется в цифровой формат и передается на мобильное устройство с помощью Bluetooth.

Для обеспечения нормальной работы устройства давление на втором порту датчика должно соответствовать атмосферному давлению, любые его колебания в процессе эксплуатации должны быть исключены. Для контроля колебаний атмосферного давления в корпусе устройства используется барометрический датчик BME280. Его показания отображаются на экране мобильного устройства и могут быть использованы для корректировки данных от дифференциального датчика давления.

Питание устройства осуществляется от батареи из двух литий-полимерных аккумуляторов типа LP502540, соединенных параллельно. Номинальное напряжение аккумуляторов – 3,7 В. Напряжение полностью заряженных аккумуляторов – 4,2 В. Работоспособность устройства сохраняется при снижении напряжения аккумуляторов до 3,2 В. Плата управления устройства имеет встроенный контроллер для заряда и защиты батареи.

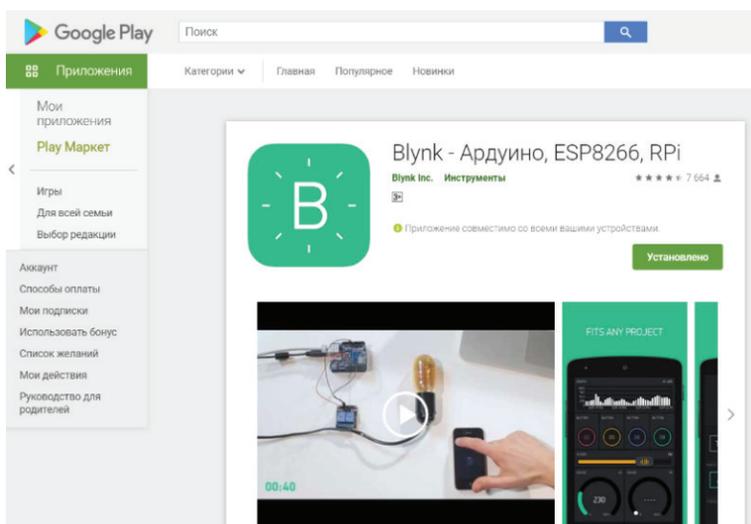


Рис. 12. Приложение Blynk

В частности, при снижении напряжения батареи до уровня 2,8 В, при котором возможно ее необратимое повреждение, контроллер принудительно отключает батарею.

Дифференциальный датчик давления требует стабилизированного питания напряжением 5 В. Для этого используется повышающий преобразователь постоянного напряжения типа DCDC1-5/ZC09900. Питание барометрического датчика напряжением 3,3 В осуществляется от линейного стабилизатора напряжения на плате управления.

Установка и запуск программного обеспечения на смартфоне. Для управления электронным анализирующим устройством предусматривается использование приложения Blynk (рис. 12), которое необходимо скачать и установить из Google Play Market. Для работы с приложением необходим смартфон с операционной системой не ниже Android 6.0, камерой, доступом в Интернет и Bluetooth.

Следующим шагом необходимо запустить Blynk, создать учетную запись и авторизоваться.

Порядок использования. После установки приложения Blynk и сканирования QR-кода открывается окно приложения для коммуникации с электронным модулем, внешний вид которого представлен на рис. 13.

Для начала работы с модулем необходимо нажать на кнопку 2. При первом включении также следует установить связь с модулем по Bluetooth. В дальнейшем связь устанавливается автоматически, однако при изменении настроек Bluetooth после перезагрузки смартфона или возникновении проблем со связью может потребоваться вновь установить связь с модулем вручную. Для этого служит кнопка 6. При нажатии на нее появляется окно (рис. 14).



Рис. 13. Внешний вид приложения Blynk

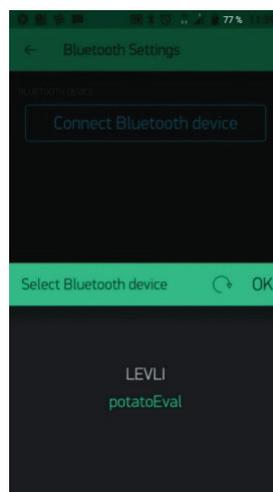


Рис. 14. Настройки Bluetooth

Процесс начальной калибровки. Для корректного функционирования и соответствия требованиям заказчика устройство должно быть откалибровано. Процесс калибровки производится с помощью задания в управляющей программе соответствующих коэффициентов. Для этого устройство должно быть подключено к компьютеру, на котором запущена терминальная программа на скорости 9600 бод/с и разрешен вывод служебной информации от устройства.

Для калибровки коэффициентов на корпусе устройства должно быть поочередно создано давление, эквивалентное трем уровням давления, предусмотренным техническим заданием, и максимальное давление, которого предполагается достичь в процессе экспериментов. Далее, используя полученные данные, вычисляются соответствующие коэффициенты, затем сохраняемые в тексте программы. Последним этапом является обновление прошивки.

Поиск и устранение неисправностей. На данном этапе могут возникнуть две проблемы: трудности с установкой связи с модулем или проблемы с запуском приложения. Ниже приведены варианты решения возможных проблем:

1. Если возникает проблема с установкой связи с модулем, то предлагаются следующие варианты:

- а) проверить, включен ли модуль;
- б) проверить, включен ли Bluetooth в смартфоне;
- в) перезагрузить смартфон;

г) подключить модуль к зарядному устройству или компьютеру. Перевести переключатель питания в положение «ВКЛ».

Если после этого связь с модулем восстановилась, зарядить аккумулятор модуля.



Рис. 15. Электронное анализирующее устройство
РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

2. Если возникают трудности с запуском приложения Vlynk, предлагается выполнить следующие действия:

- а) проверить подключение к сети Интернет;
- б) перезагрузить смартфон.

Электронное анализирующее устройство (рис. 15) состоит из полиуретанового корпуса размером 85 мм в диаметре, комплекта оборудования для программного обеспечения и планшета для считывания информации о возникновении опасных зон на линиях для подготовки картофеля.

Разработанное электронное анализирующее устройство позволяет в режиме реального времени определять внешние нагрузки на клубни картофеля в процессе предреализационной подготовки и в случае превышения допустимых нагрузок мгновенно информировать об этом оператора.

Выводы

Реализация данного электронного анализирующего устройства позволит заложить в Республике Беларусь научно-технологическую и техническую основу по определению повреждений при предреализационной подготовке картофеля. Использование такого интеллектуального устройства позволит минимизировать потери продукции, сократить затраты энергии и в целом повысит рентабельность отрасли предреализационной подготовки картофеля на 99,9 %.

Список использованных источников

1. Кузьмин, А. В. Оценка пригодности сортов картофеля к индустриальной технологии возделывания и уборки / А. В. Кузьмин, Н. И. Мамичева // Сб. науч. тр. Московского ин-та инж. с.-х. пр-ва. – М., 1989. – С. 82–87.
2. Development of the Berry Impact Recording Device sensing system: Software / Yu Peng-cheng [et al.] // Computers and Electronics in Agriculture. – USA, 2011. – Vol. 77. – P. 195–203.

Е. Л. Жилич, Ю. Н. Рогальская

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

ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ДОИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДОЕНИЯ

Аннотация. Исходя из проведенных исследований, наличия импортного доильного оборудования на молочно-товарных фермах Республики Беларусь, а также потребности в импортозамещении возникает необходимость в разработке отечественных роботизированных систем доения. Одним из важных элементов данной разработки является система позиционирования, отвечающая за функциональность манипулятора доения.

Ключевые слова: манипулятор, позиционирование, 3D-камера, вымя, доение, маневренность.

E. L. Zhilich, Yu. N. Rogalskaya

*RUE "SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization"
Minsk, Republic of Belarus
E-mail: npc_mol@mail.ru*

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF THE MILKING EQUIPMENT POSITIONING SYSTEM FOR ROBOTIC MILKING TECHNOLOGY

Abstract. Based on the conducted research, the availability of imported milking equipment on dairy farms of the Republic of Belarus, as well as the need for import substitution, there is a need to develop domestic robotic milking systems. One of the important elements of this development is the positioning system responsible for the functionality of the milking manipulator.

Keywords: manipulator, positioning, 3D camera, udder, milking, maneuverability.

Введение

На сегодняшний день в республике имеется более 4000 молочно-товарных ферм и комплексов, из которых оборудованы доильными залами и роботами 1670 объектов, или 41 % к их общему наличию. На индустриальных фермах содержится почти 2/3 поголовья молочных коров и производится более 60 % от всего валового производства молока общественного сектора. На промышленную технологию производства молока в Брестской области переведено 50 % от всех молочно-товарных ферм и комплексов, в Витебской – 17 %, в Гомельской – 43 %, в Гродненской – 47 %, в Минской – 38 % и в Могилевской области – 50 % [1, 2].

На этих фермах применяются современные ресурсосберегающие технологии содержания и кормления животных с доением в современных доильных залах или на роботизированных доильных установках с компьютерным обеспечением всех технологических процессов.

В результате проведенных мероприятий отрасль молочного скотоводства приобрела ярко выраженный индустриальный характер, что позволило перейти на новый технологический уклад.

Основная часть

Мировой опыт молочного скотоводства подтверждает устойчивую тенденцию развития роботизированного доения как одного из перспективных направлений, обладающих целым рядом очевидных преимуществ. В то же время результаты, полученные на фермах и комплексах Беларуси, вынуждают задумываться над необходимостью выработки объективных критериев оценки эффективности и трансформации подходов, которые должны быть направлены на создание развития роботизированного доения, адаптированного к условиям Республики Беларусь [3].

Разработка собственных простых и оригинальных решений обеспечит гораздо более высокий уровень локализации выпускаемого оборудования по сравнению с копированием готовых продуктов, предполагающим использование дорогостоящих элементов, устройств и целых агрегатов [4].

С целью разработки отечественной роботизированной системы доения в рамках импортозамещения на сегодняшний день РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» совместно с ООО «Полиэфир АГРО» ведутся активные работы, направленные в первую очередь на позиционирование доильного оборудования.

В качестве основного исполнительного элемента необходимо выделить манипулятор доения, представляющий собой 5-осевую гидравлическую систему, которая обеспечивает диапазон и свободу движений, необходимые для работы с широким спектром различных сосков, низко висящих или высоко расположенных, далеко отстоящих друг от друга или изогнутых под углом в 45 градусов [5, 6]. Маневренность манипулятора также важна для компенсации движения коров. Общий вид манипулятора представлен на рис. 1.

В общем виде манипулятор состоит из станины, блока сервоприводов, непосредственно рабочего органа (роботизированной руки), блока машинного зрения и блока управления и питания.

Роботизированная рука оснащена механическим захватным устройством (рис. 2), которое используется для присоединения доильных стаканов. Сразу за захватным устройством находится камера, состоящая в модуле управления системой позиционирования.

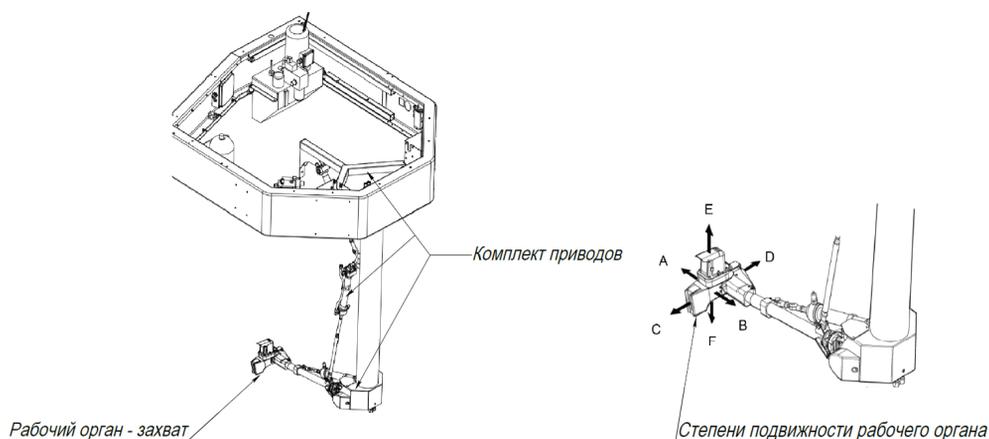


Рис. 1. Общий вид манипулятора



Рис. 2. Устройство захвата



Рис. 3. Камера O3D314

Управление системой позиционирования осуществляется с помощью компьютерного зрения, для этого используется 3D-камера O3D314 (рис. 3).

3D-камера использует технологию визуализации дальности, которая включает триангуляцию и методы интерферометрии. В ней используется модулированный источник света для расчета глубины и измеряется время отраженного импульса, тем самым определяется расстояние до объекта (рис. 4). Простота вычислений расстояния позволяет реализовать их непосредственно в камере и на промышленный контроллер передавать уже готовые к анализу данные.

Вследствие вариаций точности глубины и динамического диапазона измеренное расстояние для черных и белых объектов будет немного отличаться на одной и той же дистанции. В результате изучения этих изменений и составления зависимости различия установлена необходимость компенсации программно. Для камеры выполняется черно-белая калибровка, она может быть скорректирована в зависимости от желаемого рабочего диапазона. Данные, полученные с 3D-камеры, и после обработки разработанным программным обеспечением, представлены на рис. 5.

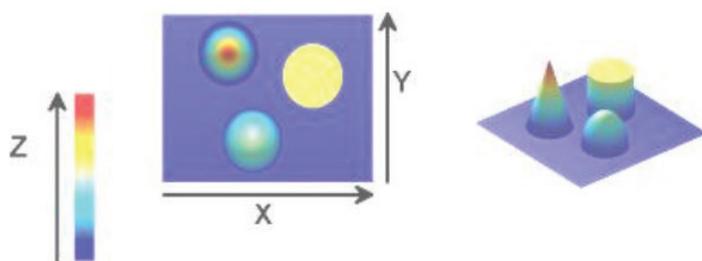


Рис. 4. Анализ объема объектов 3D-камерой

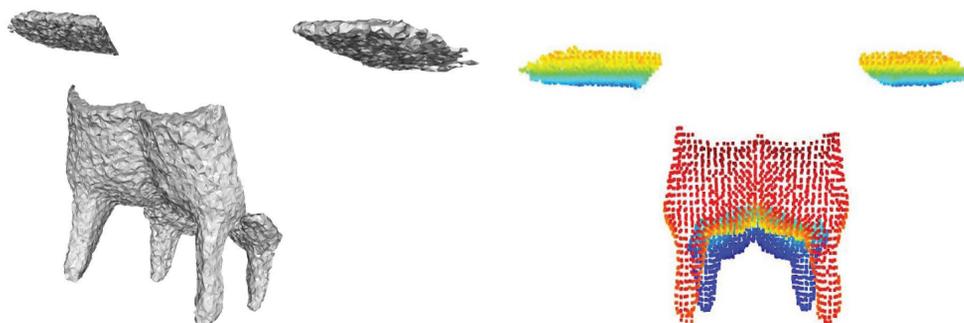


Рис. 5. Данные с 3D-камеры

Источники света – массив из инфракрасных светодиодов ближнего света, которые модулируются синусоидально с частотой 20 МГц. Излучаемый свет имеет длину волны 850 нм (ближний инфракрасный диапазон) и невидим для человеческого глаза. При идеальных условиях точность камеры до 3 мм. Эта точность будет снижаться по мере удаления от камеры и ухудшения условий освещения.

После попадания манипулятора в область захвата 3D-камера считывает данные и передает их на промышленный контроллер. Программное обеспечение для обработки изображений использует полученную информацию о форме вымени и сосков, определяет, что объект действительно является соском, направляет манипулятор к месту расположения соска.

Визуальная система настроена на работу на близком расстоянии, поэтому, когда начинается процесс обнаружения, камера должна быть достаточно близко к вымени. Для того чтобы система знала, где предварительно расположить камеру, первоначально система должна быть вручную обучена для каждой коровы, которую она будет доить. Во время процесса обучения манипулятор управляется вручную с помощью джойстика, доильные стаканы подключаются по одному за раз, система обучается и записывает все данные в базу по каждому конкретному животному. Положение сосков сохраняется как предустановленное для последующего полностью автоматического доения.

Заключение

Переход от механизированного труда на автоматические доильные системы и доильные роботы определяет новый уровень задач в современном молочном скотоводстве Беларуси. Разработка собственных простых и оригинальных решений обеспечит высокий уровень локализации выпускаемого оборудования по сравнению с копированием готовых продуктов, предполагающим использование дорогостоящих элементов, устройств и целых агрегатов.

Список использованных источников

1. Кирсанов, В. В. Концепция создания доильного робота, совместимого с отечественным доильным оборудованием / В. В. Кирсанов, Ю. А. Цой, Л. П. Кормановский // Вестник ВНИИМЖ. – 2016. – № 3 (23). – С. 13–20.
2. Умная сельскохозяйственная техника : учеб. пособие / И. Н. Шило [и др.] ; Министерство сельского хозяйства Республики Казахстан, Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина. – Астана : КАТУ им. С. Сейфуллина, 2018. – 182 с.
3. Казаровец, Н. В. Техничко-экономическое обоснование применения автоматизированных систем доения (доильных роботов) в Республике Беларусь / Н. В. Казаровец, А. А. Тимошенко, А. А. Музыка // Инновационные технологии в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции: доклады Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 14–15 апреля 2011 г. В 2 ч. Ч. 1. – Минск : БГАТУ, 2011. – С. 21–26.
4. Технологические принципы развития роботизированного доения / Д. И. Комлач [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства : межвед. темат. сб. / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по механизации сел. хоз-ва. – Минск, 2022. – Вып. 55. – С. 26–29.
5. Анализ конструкций современных роботизированных систем доения / С. К. Карпович [и др.] // Академические чтения по вопросам механизации молочного животноводства, посвященные 65-летию научной деятельности и 90-летию со дня рождения доктора технических наук, профессора В. И. Передни / редкол.: П. П. Казакевич [и др.]. – Минск : Беларус. навука. – 2023. – С. 33–46.
6. Автоматизация в молочной промышленности посредством применения комплексных систем / Д. Н. Колоско [и др.] // Современные проблемы и пути развития технического сервиса в АПК : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 24–25 нояб. 2022 г. – Минск : БГАТУ, 2022. – С. 327–329.

А. А. Жешко, к. т. н., доцент

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

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РОБОТИЗИРОВАННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ И ХИМИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

Аннотация. В статье выполнен анализ развития технических средств для внесения удобрений и рассмотрены перспективы развития роботизированных технических средств.

Ключевые слова: цифровые средства, роботизированные платформы, удобрения, химические средства защиты растений.

A. A. Zheshko, PhD, Assoc. Prof.

*RUE “SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization”
Minsk, Republic of Belarus
E-mail: azeshko@gmail.com*

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF ROBOTIC TECHNICAL MEANS FOR THE APPLICATION OF FERTILIZERS AND CHEMICAL PLANT PROTECTION PRODUCTS

Abstract. The article analyzes the development of technical means for fertilization and considers the prospects for the development of robotic technical means.

Keywords: digital tools, robotic platforms, fertilizers, chemical plant protection products.

Введение

Решение задач автоматизации и роботизации технологических процессов применения удобрений и химических средств защиты растений приобретает в настоящее время особую значимость. Причиной тому можно считать доступность и сравнительную простоту «вхождения» в программирование современных микроконтроллеров, что стало возможным ввиду широкой популяризации программно-аппаратных средств для прототипирования простых моделей и систем. Учитывая, что выполнение процессов по внесению средств химизации стало возможным возложить на роботизированную технику, в работах широкого круга исследователей наблюдается интерес к поиску наиболее перспективных технических решений в данной сфере. В настоящей работе на примере развития машин для внесения минеральных удобрений рассматриваются дальнейшие перспективы развития данных технических средств.

Основная часть

Теория минерального питания растений Ю. Либиха и Ж. Буссенго явилась причиной поиска разумных решений внесения удобрений в почву. Например, производство минеральных удобрений в Англии стало развиваться в 1850 г., а в 1871 г. насчитывалось уже 80 заводов по производству суперфосфата.

Параллельно с развитием производства и потребления минеральных удобрений изобретатели приступили к поиску рациональных технических решений для механизированного их внесения. С данного момента начинается этап I в развитии технических средств для внесения удобрений. Вначале появились ручные приспособления. Например, конструкция, предложенная Irvin J. Saunders (US 0031409 A, 12.02.1861), представляла собой тачку с приводом от опорных колес, предназначенную для сплошного внесения сыпучих удобрений с возможностью регулирования дозы внесения. Ручное приспособление для внесения извести и золы предложено Дж. М. Уилрси (US 0046515 A, 21.02.1865), известность также получило ручное приспособление для посева и внесения удобрений E. Fries (US 337390 A, 03.09.1886).

На смену ручным приспособлениям ввиду их низкой производительности пришли технические решения на конной тяге, что ознаменовало этап II. Например, W. O. Burnett (US 0104694 A, 28.06.1870) предложил использовать для сплошного внесения удобрений четырехколесную телегу с подвижным дном – транспортером с приводом от опорных колес, для распределения удобрений по полю использовался щит с перегородками-делителями. Для припосевного внесения удобрений Charles W. Baurick (US 0117369 A, 25.07.1871) предложил конструкцию сеялки с одновременным внесением удобрений.

Сплошное механизированное внесение минеральных удобрений в Европе начали применять в 1880 г. Позднее предложена конструкция сеялки с одновременным внутрпочвенным внесением удобрений R. Crane (US 372126 A, 25.10.1887), а также конструкция пневматического разбрасывателя сыпучих материалов G. Muller (US 425338 A, 08.04.1890). В 1898 г. популярность имела сеялка Hench CG3 для посева с одновременным внесением удобрений.

Изобретательская деятельность 1890–1920 гг. преимущественно была направлена на совершенствование подающих рабочих органов, в качестве которых активно применялись шнековые и скребковые транспортеры, а также использовалась подача удобрений самотеком за счет наклонных поверхностей бункеров. Также стали появляться решения, направленные на совершенствование распределяющих рабочих органов, – S. Henry

(СА 157303 А, 22.01.1914) и приводов машин для внесения минеральных удобрений.

В начале XX в. для привода сельскохозяйственных машин начали использоваться тракторы. Широкое их применение началось в 1910 г., что можно считать началом этапа III. До 1915 г. крупными фермерскими хозяйствами Германии активно использовались шнековые распределители удобрений на конной тяге. Преимуществом данных распределителей являлась надежность, однако недостатками были высокая масса и значительная стоимость. Для устранения недостатков существующих разбрасывателей Н. Dreyer в 1915 г. запатентовал и в 1920 г. разработал усовершенствованный шнековый распределитель удобрений Michel. Технической особенностью разбрасывателя являлось наклонное днище, наличие побудителя для подачи удобрений и шнекового распределяющего рабочего органа. Конструкция разбрасывателя позволяла вносить даже влажные удобрения, производить очистку рабочих органов в конце смены. Металлоемкость и стоимость распределителя уменьшились по сравнению с существующими в то время аналогами, что позволило использовать Michel даже на небольших фермерских хозяйствах. Ширина захвата разбрасывателя в зависимости от модификации Michel варьировалась от 1,5 до 4 м.

К 1925 г. появились модификации разбрасывателя Michel, оснащенные резиновыми шинами и дополнительной колесной опорой, что можно считать переходом от полуприцепного к прицепному способу агрегатирования.

В 1930 г. распределитель удобрений Michel получил огромную популярность в Европе, и его конструкцию стали копировать ряд производителей сельскохозяйственной техники. В 1936 г. был разработан разбрасыватель Amazone VM с двойным шнеком, что устраняло недостатки существующих конструкций.

В 1936 г. популярность получили разбрасыватели компании Massey-Harris, которые представляли собой туковую сеялку с приводом от опорных колес.

Конструкция самоходного разбрасывателя удобрений предложена С. Russell (GB577501A, 21.05.1946). Разбрасыватель монтировался на шасси грузового автомобиля и представлял собой воронкообразное дно с винтовым конвейером, в качестве распределяющего рабочего органа использовался центробежный метатель.

К 1945 г. появились разбрасыватели с двумя технологическими контурами, что позволило одновременно вносить удобрения различных видов. Шнековые разбрасыватели удобрений активно использовались вплоть до 1958 г., к тому времени конкурируя с появившимися однодисковыми и маятниковыми распределителями удобрений. Конструкция маятникового распределителя, предложенная L. Steffenino, демонстрировалась на выставке

в Вероне в 1958 г. и получила широкое распространение. В качестве альтернативы появилась концепция первого двухдискового разбрасывателя, каждый из дисков которого оснащен 4 лопатками. Таким образом, порция вносимых минеральных удобрений разделялась каждым диском на 4 порции. В разбрасывателе имелась возможность отключать один из дисков, что позволяло обрабатывать участки на краю рабочего участка. В результате реализации данной концепции компанией Amazone был разработан разбрасыватель ZA шириной захвата 9 м и объемом бункера 330 л.

К 1970 г. у фермеров возникла потребность в увеличении ширины захвата. Производители отреагировали на спрос, разработав линейку двухдисковых разбрасывателей. Объем технологических емкостей варьировался в зависимости от потребностей конкретных хозяйств: 200 л для виноградарей, 250 л для малых ферм, 600 и 1000 л для средних и крупных сельскохозяйственных предприятий соответственно.

В 1982 г. был представлен разбрасыватель Amazone ZA-U, диски с выступающими лопатками которого позволяли вносить минеральные удобрения на ширине захвата 24 м. Для внесения различных видов минеральных удобрений предлагались съемные диски с особенностями конструкции. Усовершенствованный разбрасыватель ZA-U с объемами технологических емкостей 1000 и 1800 л и в настоящее время пользуется популярностью.

В начале 1980-х гг. компания Vicon начинает активно использовать контроллеры для управления процессом внесения удобрений. В 1985 г. данная компания станет пионером в использовании стандарта ISOBUS.

Таким образом, на основе анализа литературных источников и информационных ресурсов были выделены основные этапы становления и развития технических средств для внесения минеральных удобрений. Основными качественными этапами можно считать переход от ручных приспособлений (этап I – 1860–1900 гг.) к техническим средствам на конной тяге (этап II – 1880–1920 гг.) и последующее развитие тягово-приводных и самоходных машин (этап III – 1910–2023 гг.).

На протяжении последних десятилетий в трудах зарубежных ученых все чаще стали появляются работы, направленные на изыскание рациональных роботизированных технических решений [1–15]. На рис. 1 представлена простейшая компонентная схема роботизированной платформы [16]. Платформа состоит из ходовой части, опорных и ведущих колес, ультразвукового датчика, приводных моторов с драйверами управления, 3-осевого компаса, например, HMC588 и микроконтроллера. Вращение платформы осуществляется относительно точки ИСС (рис. 2).

На рис. 3 представлены роботизированные платформы для внесения твердых минеральных удобрений, на рис. 4 – платформа для внесения химических средств защиты растений и жидких минеральных удобрений.

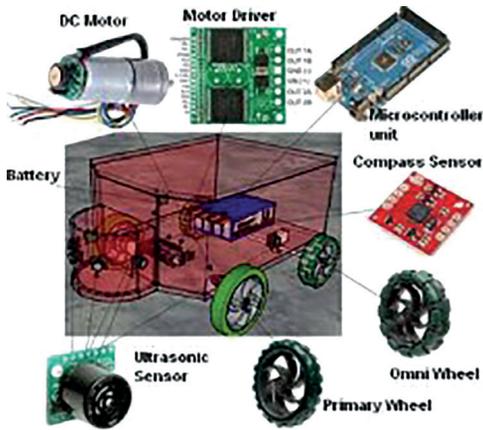


Рис. 1. Базовые компоненты агробота [16]

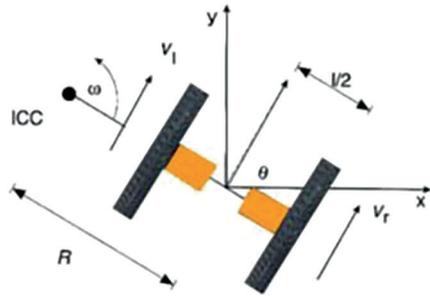


Рис. 2. Схема поворота роботизированной платформы [16]

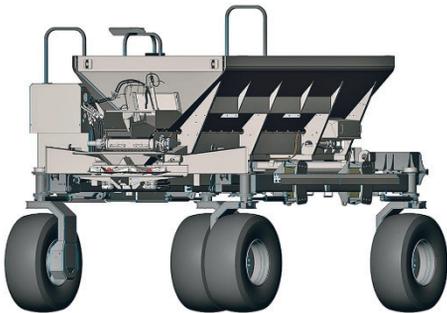


Рис. 3. Роботизированные платформы для внесения твердых минеральных удобрений



Рис. 4. Роботизированная платформа для внесения химических средств защиты растений и жидких минеральных удобрений

Заключение

Учитывая анализ этапов совершенствования технических средств для внесения удобрений, можно сделать вывод, что дальнейшее их развитие может осуществляться за счет повышения качества распределения минеральных удобрений. Перспективным направлением является также разработка роботизированных платформ, что позволит реализовать дистанционное выполнение небезопасных для здоровья человека технологических операций.

Список использованных источников

1. Liu, T. Electromagnetic navigation system design of the green house spraying robot / T. Liu, B. Zhang, J. Jia // Second International Conference on Mechanic Automation and Control Engineering, IEEE. – 2011. – P. 2140–2144.
2. Ozgul, E. Design and implementation of semi-autonomous anti-pesticide spraying and insect repellent mobile robot for agricultural applications / E. Ozgul, U. Celik // 5th International Conference on Electrical and Electronic Engineering (ICEEE). IEEE. – 2018. – P. 233–237.
3. Obstacle detecting multifunctional AGRIBOT driven by solar power / F. Rafath [et al.] // 4th International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI) (48184), IEEE. – 2020. – P. 196–201.
4. Kanna, P. R. Agricultural Robot – A pesticide spraying device / P. R. Kanna, R. Vikram // International Journal of Future Generation Communication and Networking. – 2020. – Vol. 13, № 1. – P. 150–160.
5. Jian-sheng, P. An intelligent robot system for spraying pesticides / P. Jian-sheng // The Open Electrical & Electronic Engineering Journal. – 2014. – Vol. 8, № 1. – P. 435–444.
6. Development of Smart Pesticide Spraying Robot / P. Chaitanya [et al.] // International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE). – 2020. – Vol. 8, iss. 5. – P. 2193–2202.
7. Design and Fabrication of Solar Powered Semi-Automatic Pesticide Sprayer / B. Poudel [et al.] // International Research Journal of Engineering and Technology. – 2017. – P. 2073–2077.
8. Londhe, S. B. Remotely Operated Pesticide Sprayer Robot in Agricultural Field / S. B. Londhe, K. Sujata // International Journal of Computer Applications. – 2017. – Vol. 167, No 3. – P. 26–29.
9. Robotics and automation in agriculture: present and future applications / M. S. A. Mahmud [et al.] // Applications of Modelling and Simulation. – 2020. – Vol. 4. – P. 130–140.
10. Aishwarya, B. V. Agriculture robotic vehicle-based pesticide sprayer with efficiency optimization / B. V. Aishwarya, G. Archana, C. Umayal // IEEE Technological Innovation in ICT for Agriculture and Rural Development. – 2015. – P. 59–65.
11. Automatic pesticide spraying robot / S. V. Mahapurush [et al.] // International Journal of Futures Research and Development. – 2020. – Vol. 1, iss. 1. – P. 126–31.
12. Solar powered autonomous multipurpose agricultural robot using Bluetooth / Android App / B Ranjitha [et al.] // 2019 3rd International conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA). IEEE. – 2019. – P. 872–877.
13. Berenstein, R. Automatic adjustable spraying device for site-specific agricultural application / R. Berenstein, Y. Edan // IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. – 2018. – Vol. 15, № 2. – P. 641–650.

14. Wu, C.-M. Implementation of remote control for a spraying robot / C.-M. Wu, J.-T. Lu // International Conference on Applied System Innovation (ICASI). IEEE. – 2017. – P. 1010–1013.
15. Sharma, S. Automatic agriculture spraying robot with smart decision making / S. Sharma, R. Borse // Advances in Intelligent Systems and Computing. Cham: Springer International Publishing. – 2016. – P. 743–758.
16. Celen, I. H. A design of an autonomous agricultural robot to navigate between rows / I. H. Celen, E. Onler, E. Kilic // International Conference of Electrical, Automation and Mechanical Engineering (EAME 2015). – 2015. – P. 349–352.

А. А. Жешко, к. т. н., доцент, **А. В. Ленский**, к. э. н.,
В. И. Володкевич, **А. В. Шах**

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

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ПАРКА МОБИЛЬНЫХ КОРМОУБОРОЧНЫХ МАШИН

Аннотация. Представлены результаты проектирования приложения для автоматизированного формирования структуры парка мобильных кормоуборочных машин.

Ключевые слова: комплектование машинно-тракторных агрегатов, автоматизированная система, функциональная и информационная модель.

A. A. Zheshko, PhD, Assoc. Prof., **A. V. Lensky**, PhD, **V. I. Volodkevich**, **A. V. Shakh**

*RUE “SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization”
Minsk, Republic of Belarus
E-mail: azeshko@gmail.com*

DIGITALIZATION OF THE PROCESS OF FORMING THE STRUCTURE OF THE FLEET OF MOBILE FORAGE HARVESTERS

Abstract. The results of designing an application for the automated formation of the structure of a fleet of mobile forage harvesting machines are presented.

Keywords: acquisition of machine-tractor units, automated system, functional and information model.

Введение

Для формирования эффективной структуры парка мобильных кормоуборочных машин необходимо применительно к конкретным условиям хозяйствования учитывать значительное количество факторов. Прежде всего нужно принимать в расчет наличие основной и вспомогательной техники для реализации технологий заготовки кормов из трав и силосных культур, учитывать особенности технологических операций – трамбовка или упаковка кормов в полимерный рукав, решать вопросы внутрихозяйственной логистики для рационального размещения хозяйственной инфраструктуры, учитывать природно-климатические факторы, применять эффективную организацию выполнения сельскохозяйственных операций в зависимости от конфигурации рабочего участка и рельефа местности, подсчитывать затраты на реализацию технологии заготовки кормов и выбирать

наиболее приемлемые и экономически обоснованные комплексы машин для уборки кормов.

Основой программного приложения для формирования структуры парка мобильных кормоуборочных машин является база данных технических средств для уборки кормовых культур, транспортировки кормов к месту трамбовки или упаковки в полимерный рукав, а также специализированных машин и оборудования.

Основная часть

Для формализации и описания бизнес-процессов программного приложения для автоматизированного формирования структуры парка мобильных кормоуборочных машин целесообразно воспользоваться методологией функционального моделирования и графической нотацией IDEF0 [1], которая нацелена на раскрытие соподчиненности объектов моделирования. При построении модели мы руководствовались работами [1–6]. Отличительной особенностью методологии IDEF0 является рассмотрение логических взаимосвязей объектов модели, а не поточности их выполнения. При этом система представляется как «черный ящик» с входными и выходными данными, управлением и механизмом реализации определенной функции [2].

На рис. 1 изображена диаграмма на основе методологии IDEF0, представляющая функциональную модель приложения для автоматизированного формирования структуры парка мобильных кормоуборочных машин.

Как видно из диаграммы, основной функцией системы является формирование структуры парка мобильных кормоуборочных машин. Исходными данными служат технические характеристики кормоуборочных машин I1 и данные о вспомогательных машинах и оборудовании, таких как транспортные агрегаты, машины для упаковки силосной и сенажной массы в полимерный рукав, а также машины для трамбовки силосной массы I2. На выходе в результате функционирования системы получаем рациональную структуру парка кормоуборочной техники O1 [3].

Управляющими элементами при этом являются [4]:

- 1) C1 – технические характеристики производителей кормоуборочных машин, машин для упаковки силосной и сенажной массы в полимерный рукав и другой кормоуборочной техники;
- 2) C2 – нормативные документы, например, отраслевые нормы выработки и расхода топлива на механизированные работы в сельском хозяйстве;
- 3) C3 – протоколы испытаний сельскохозяйственной техники в условиях испытательных станций Республики Беларусь и Российской Федерации;
- 4) C4 – лабораторные журналы экспериментальных исследований.

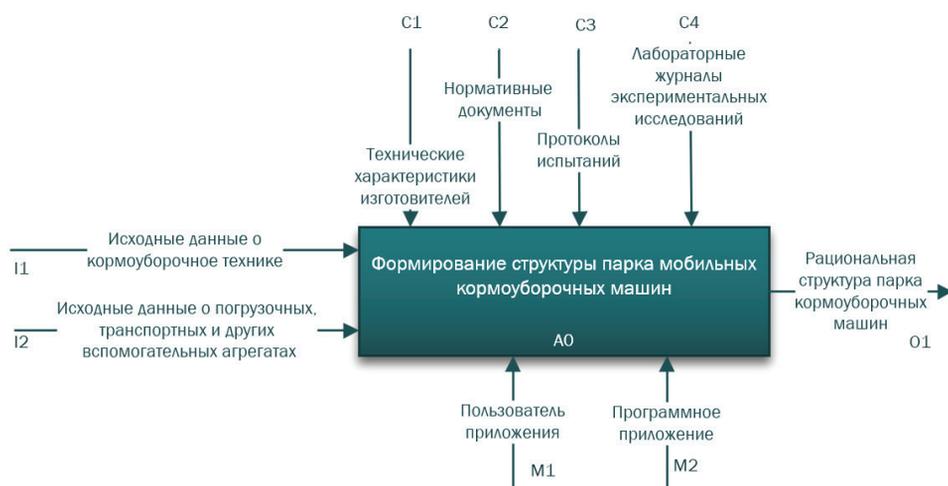


Рис. 1. Диаграмма на основе методологии IDEF0, представляющая функциональную модель приложения для автоматизированного формирования структуры парка мобильных кормоуборочных машин на уровне А0

Механизмы реализации формирования структуры парка мобильных кормоуборочных машин заключаются в совместных действиях пользователя программного приложения М1, который осуществляет выбор исходной информации и воздействие на элементы управления приложением, а также в функционале самого программного приложения М2, которое позволяет выполнять необходимые вычисления и выдавать рекомендации относительно рациональности использования выбранной для вычислений техники в зависимости от конкретных производственных условий.

На рис. 2 представлена декомпозиция функциональной модели на уровне А1–А4 [5].

Декомпозиция процесса формирования структуры парка мобильных кормоуборочных машин представлена следующими основными функциями [6]:

1) А1 – подготовка исходных данных, в качестве входных данных выступают элементы I1 и I2. Процесс осуществляется пользователем программного приложения М1, а правильность отработки функции контролируется элементами С1 и С2 за счет загрузки в каждый последующий селективный элемент управления перечня техники и параметров, логически взаимосвязанных с выбранными на предыдущем шаге. Необходимо отметить, что функционал приложения также участвует в реализации механизма подготовки исходных данных, однако роль пользователя программного приложения при этом существенно преобладает. Переход от блока А1 к А2 сопровождается формированием запроса к базе данных с индексами, выбранными в блоке А1, и передачей данных из базы для вычислений в блоке А2;

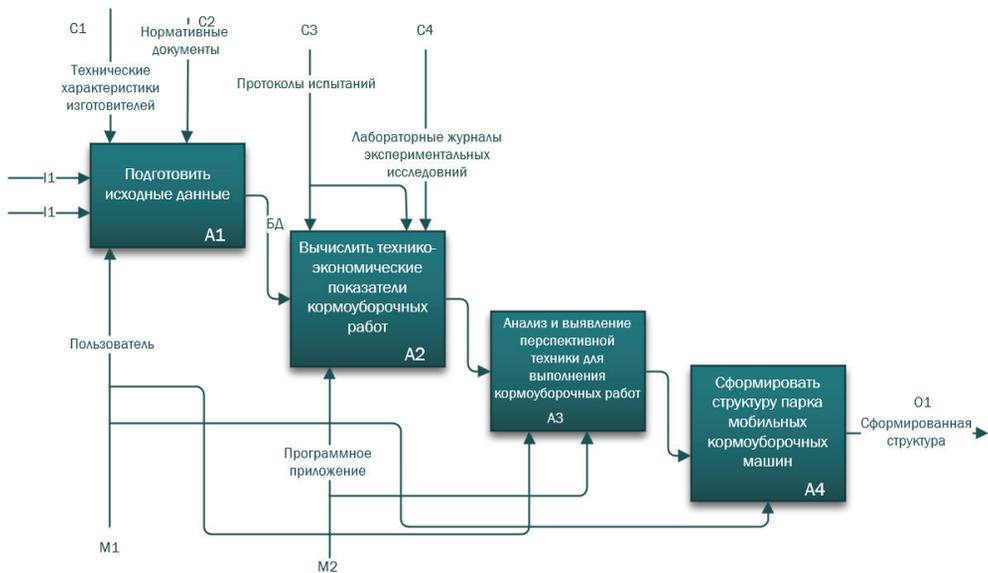


Рис. 2. Декомпозиция функциональной модели приложения для автоматизированного формирования структуры парка мобильных кормоуборочных машин

2) А2 – вычисление технико-экономических показателей процесса уборки кормов осуществляется исключительно за счет функционала приложения М2, в процессе выполнения расчетов происходит согласование получаемых результатов с данными протоколов испытаний техники С3, кроме того, расчеты основаны на математических моделях, построенных по результатам экспериментальных исследований С4; результаты расчета передаются к блоку А3 и используются для построения потенциальной характеристики, а также для формирования рекомендаций о рациональности комплектования машинно-тракторного агрегата;

3) А3 – анализ перспективной техники для выполнения кормоуборочных работ осуществляется пользователем программного приложения М1, программное приложение формирует рекомендации на основании выполненных расчетов;

4) А4 – принятие решения об окончательном формировании рациональной структуры парка мобильных кормоуборочных машин осуществляется пользователем программного приложения М1. Для контроля С5 за правильностью принятого решения в процессе отладки приложения и в период расширения его функционала могут участвовать инженерные работники, разработчик и другие заинтересованные лица.

Декомпозицию функции подготовки исходных данных модели можно представить следующим описанием. Механизмом реализации функции является пользователь программного приложения М1. Декомпозиция представлена следующими блоками [6]:

1) А1.1 и А1.2 – формирование временного перечня техники и ввод данных о характеристике конкретных производственных условий, осуществляется на основании данных, хранящихся в базе, которая согласована с техническими характеристиками заводов-изготовителей техники и другими нормативными документами;

2) А1.3 – вычисление технико-экономических показателей выполнения кормоуборочных работ, таких как расход топлива и производительность для конкретных производственных условий;

3) А1.4 – передача текущего перечня техники с результатами расчетов для последующего анализа в блок А3.

Приложение для автоматизированного формирования структуры парка мобильных кормоуборочных машин реализовано в рамках паттерна MVC [7], «Модель–Представление–Контроллер». Представление приложения – его интерфейс, отвечает за отображение данных модели пользователю, реагируя на изменения модели. Контроллер осуществляет функцию взаимосвязи между пользователем и бизнес-логикой приложения, он обрабатывает действия пользователя, передает данные в модель. Модель представляет бизнес-логику приложения, данные и методы их обработки, функции для вычисления технико-экономических показателей при заготовке кормов, формирование каталога, формирование запросов к базе данных и обработку ответов [8, 9].

Реализация результатов проектирования программного приложения для автоматизированного формирования структуры парка мобильных кормоуборочных машин в технологиях заготовки кормов из трав и силосных культур представлена на рис. 3–5 [10–12].

На рис. 3 показано окно выбора сохраненных результатов вычислений по кормоуборочным комплексам машин. Окно состоит из заголовка 1 и заголовков типа заготавливаемых кормов 2.

При наведении курсора на соответствующий селектор типа заготавливаемых кормов 4 появляется всплывающая ссылка для перехода к соответствующему разделу вычислений 3 [13].

Также в левом верхнем углу главного окна расположены элементы управления приложением 3. К элементам привязаны следующие функции:

- вставка новой технологической операции в главную таблицу;
- формирование новой операции;
- обновление нумерации в перечне кормоуборочных работ;
- перемещение операции внутри перечня;
- удаление выделенной операции;
- сохранение результатов редактирования и вычислений;
- включение режима редактирования уборочного комплекса машин;
- подсветка взаимосвязанных операций.

При выделении соответствующей операции в главном окне приложения в нижней части экрана появляется «Редактор технологической операции» (рис. 4) [14, 15].



Рис. 3. Интерфейс выбора технологии заготовки кормов: 1 – заголовок окна; 2 – заголовки типа заготавливаемых кормов; 3 – всплывающая ссылка для перехода к соответствующему разделу вычислений; 4 – селектор типа заготавливаемых кормов

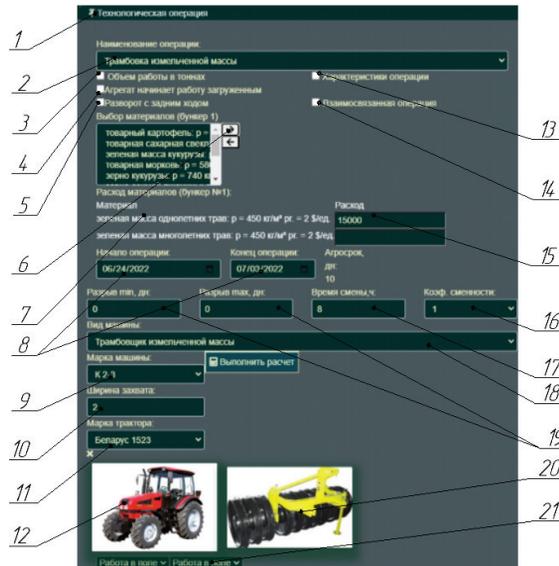


Рис. 4. Редактор технологической операции: 1 – заголовок окна; 2 – селектор типа операции по наименованию; 3 – переключатель единицы объема работ; 4 – переключатель условий работы; 5 – переключатель типа разворота; 6 – селектор выбора материала; 7 – информационное сообщение о типе материала, его плотности и стоимости; 8 – редактор начала и окончания операции; 9 – селектор выбора машины по марке; 10 – селектор выбора ширины захвата машины; 11 – селектор выбора марки трактора; 12 – изображение выбранного трактора; 13 – переключатель характеристики операции; 14 – переключатель взаимосвязанной операции; 15 – редактор расхода материала; 16 – селектор коэффициента сменности; 17 – селектор времени смены; 18 – селектор вида машины; 19 – редактор разрывов операции; 20 – изображение выбранной машины; 21 – селектор внутривозвратной логистики

Редактор технологической операции представляет собой окно, состоящее из заголовка 1 и динамически обновляемого контента, которые меняются при выделении в главном окне различных технологических операций. В верхней части редактора технологической операции (рис. 4) расположен селектор типа операции по наименованию 2, который позволяет редактировать операцию. При изменении содержимого верхнего селектора все последующие элементы придется выбирать заново.

Под селектором 2 расположены переключатели, которые позволяют изменить единицы объема выполняемых работ 3 – выбрать тонны или гектары. Переключатель типа разворота 5 позволяет вносить изменения в результаты расчета в связи с особенностями движения уборочного агрегата по полю [16, 17]. Селектор выбора типа материала 6 позволяет редактировать и добавлять соответствующие материалы:

- зеленая масса для заготовки силоса;
- провяленная сенажная масса.

После выбора типа материала в окне редактора появляется информационное сообщение 7 о типе материала, его плотности и стоимости. Данные можно изменить в редакторе расхода материала 15. Редактор начала и окончания операции 8 позволяет изменить сроки выполнения работ.

Селектор выбора машины по марке 9 позволяет изменить или выбрать марку машины для реализации редактируемой операции. При этом для выполнения расчета в автоматическом режиме из базы подтягиваются необходимые характеристики выбранной машины. Селектор 10 позволяет дополнительно указать ширину захвата выбранной машины, что является важным моментом в связи с существующей разномарочностью и наличием различных модификаций сельскохозяйственных машин. В зависимости от тягового класса, с которым агрегируется выбранная машина, в селекторе 11 будет предложен соответствующий перечень тракторов для соответствующей машины. Изображения выбранных трактора 12 и машины 20 после выбора будут загружены в окно редактора.

Для ввода дополнительных характеристик технологических операций, таких как высота среза при скашивании или длина резки при измельчении, необходимо использовать переключатель 13. Для информирования приложения о том, что выбранная операция является взаимосвязанной с другими технологическими операциями, необходимо выбрать переключатель 14.

Селекторы коэффициента сменности 16 и выбора времени смены 17 позволяют ввести соответствующие значения и использовать данные для выполнения расчетов.

Селектор вида машины 18 используется как фильтр и позволяет упростить выбор необходимой машины по марке. Редактор разрывов операции 19 позволяет ввести соответствующие данные для выполнения расче-

тов. Селектор внутрихозяйственной логистики 21 позволяет сделать выбор места выполнения операции для вычисления расстояния перемещения техники, выбора рациональных маршрутов движения и решения логистических задач.

По результатам вычисления основных показателей относительно экономической эффективности, производительности и расхода топлива при использовании различных сочетаний уборочной, погрузочной, транспортной и дополнительной специализированной техники для выполнения уборочных работ с учетом конкретных производственных условий принимается решение о рациональном формировании парка мобильных кормоуборочных машин.

На рис. 5 представлен модуль вычисления технико-экономических показателей мобильной кормоуборочной техники.

Для использования модуля необходимо указать марку кормоуборочного комбайна путем редактирования информации в селекторе 1. После выбора марки кормоуборочного комбайна из базы данных будут загружены его технические характеристики и будут отображаться в виде информационных текстовых полей 14 со значениями мощности, массы, радиуса поворота и удельного расхода топлива кормоуборочного комбайна. Указать тип транспортного агрегата можно, выбрав соответствующий пункт в селекторе 2.

После выбора марки комбайна станет доступным выпадающий список с перечнем монтируемого оборудования, предназначенного для эксплуатации с выбранным кормоуборочным комбайном. После выделения необходимого пункта из селектора монтируемого оборудования 15 в нижней части основного окна модуля появятся информационные поля 16 со значениями ширины захвата и марки оборудования.

После выбора марки транспортного агрегата в селекторе 3 в окне модуля появится дополнительная информация в виде текстовых полей 17 со значениями грузоподъемности, объема кузова и расхода топлива транспортного средства.

Для выполнения расчетов нужно отредактировать поля переменных значений:

– 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 – редактируемые поля со значениями урожайности, расстояния перевозки, среднего уклона, длины выезда, длины участка, ширины участка, класса груза и плотности кормов соответственно;

– 12 – редактируемые поля со значениями времени на замену транспортного агрегата, отдых, ежесменное техническое обслуживание, подготовку к переезду, получение наряда, переезды в начале и конце смены соответственно.

После нажатия на кнопку 18 появится окно с результатами расчета основных технико-экономических показателей мобильной кормоуборочной техники.

Исходные данные

1: Марка корм. комбайна: DON 680A
 2: Тип трансп. агрегата: Тракторный транспорт
 3: Марка трансп. агрегата: МАЗ 5551A2

4: Урожайность, т/га: 45
 5: Расстояние трансп., км: 3
 6: Сред. уклон, %: 2
 7: Длина выезда, м: 0

8: Длина участка, м: 500
 9: Ширина участка, м: 350
 10: Класс груза: 1
 11: Плот. т/куб.м: 0.25

12: 0.1, 0.5, 0.5, 0.08, 0.1, 0.3

13: Мощность, кВт: 213
 14: Удельный расход топлива, л/кВт.ч: 0.20
 14: Радиус поворота, м: 9

15: Монтируемое оборудование: Обборщик валков

16: Рабочая шир. захв., м: 3.2
 17: Марка мон. оборуд.: Lp 3000

18: Грузоподъемность, т: 9.5
 Объем кузова, м: 10000
 Расход топлива, л/100 км: 40

Выполнить расчет

Рис. 5. Модуль вычисления технико-экономических показателей мобильной кормоуборочной техники: 1 – селектор марки кормоуборочного комбайна; 2 – селектор типа транспортного агрегата; 3 – селектор марки транспортного агрегата; 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 – редактируемые поля со значениями урожайности, расстояния перевозки, среднего уклона, длины выезда, длины участка, ширины участка, класса груза и плотности кормов соответственно; 12 – редактируемые поля со значениями времени на замену транспортного агрегата, отдых, ежесменное техническое обслуживание, подготовку к переезду, получение наряда, переезды в начале и конце смены соответственно; 13 – фотографические изображения основной и вспомогательной кормоуборочной техники; 14 – информационные текстовые поля со значениями мощности, массы, радиуса поворота и удельного расхода топлива кормоуборочного агрегата; 15 – селектор монтируемого оборудования; 16 – информационные поля со значениями ширины захвата и марки оборудования; 17 – информационные поля со значениями грузоподъемности, объема кузова и расхода топлива транспортного средства; 18 – кнопка для выполнения расчета

Заключение

По результатам разработки программного приложения для автоматизированного формирования структуры парка мобильных кормоуборочных машин в технологиях заготовки кормов из трав и силосных культур можно сделать следующие выводы:

1) предложено описание бизнес-процессов программного приложения для автоматизированного формирования структуры парка мобильных кормоуборочных машин на основе методологии функционального моделиро-

вания IDEF0, что позволило рассмотреть его на концептуальном уровне, выявить взаимодействие между объектами системы и определить архитектуру исполнения;

2) результаты проектирования реализованы в программном приложении для автоматизированного формирования структуры парка мобильных кормоуборочных машин в технологиях заготовки кормов из трав и силосных культур. Приложение состоит из окна выбора сохраненных результатов вычислений, главного окна и редактора технологических операций. В результате вычисления основных показателей экономической эффективности, производительности и расхода топлива при использовании различных сочетаний уборочной, погрузочной, транспортной и дополнительной специализированной техники для выполнения уборочных работ с учетом конкретных производственных условий принимается решение о рациональном формировании парка мобильных кормоуборочных машин.

Список использованных источников

1. Чемисов, С. Б. Применение методологии IDEF0 с целью моделирования бизнес-процессов на предприятии / С. Б. Чемисов // Проблемы современной экономики. – 2009. – № 4. – С. 446–449.
2. Grid-model of natural agricultural zoning / R. Shulgan [et al.] // Geodesy and cartography. – 2017. – Vol. 43 (1). – P. 22–27.
3. Шибанов, С. В. Моделирование активных правил в нотации IDEF0 / С. В. Шибанов, А. А. Скоробогатько // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество». – 2012. – Т. 1. – С. 436–438.
4. Владимцев, Н. В. Принцип моделирования бизнес-процессов в стандарте IDEF0 / Н. В. Владимцев, И. В. Извольская // Экономический анализ: теория и практика. – 2008. – № 9. – С. 11–17.
5. Гаст, Х. Объектно-ориентированное проектирование: концепции и программный код / Х. Гаст. – М. : Диалектика, 2018. – 1040 с.
6. Карпычев, В. Ю. Функциональное моделирование (IDEF0) как метод исследования блокчейн-технологии / В. Ю. Карпычев // Труды НГТУ им. П. Е. Алексеева. – 2018. – № 4 (123). – С. 22–32.
7. Хасенов, Е. А. Визуализация графических данных в приложении Asp. Net MVC / Е. А. Хасенов, А. Т. Санкибаев // Проблемы науки. – 2017. – № 4 (17).
8. Бахтин, И. В. Главные принципы MVC и смысл использования в разработке программных продуктов / И. В. Бахтин // Форум молодых ученых. – 2020. – № 1 (41). – С. 63–65.
9. Фаттахов, М. У. Сравнение основных аспектов современных подходов к разработке на Asp. Net: MVC и WebForms / М. У. Фаттахов // ГИАБ. – 2014. – № 6. – С. 403–405.
10. Хитров, Н. О. Особенности применения паттерна CQRS в событийно-ориентированной архитектуре высоконагруженных распределенных систем / Н. О. Хитров, М. А. Горбачев // StudNet. – 2021. – № 7. – С. 1210–1216.
11. Розин, В. М. Проектирование и программирование: Методологическое исследование. Замысел. Разработка. Реализация. Исторический и социальный контекст / В. М. Розин. – М.: Ленанд, 2018. – 160 с.
12. Круз, Р. Л. Структуры данных и проектирование программ / Р. Л. Круз. – М. : Бинном, 2014. – 765 с.

13. Михайлов, Л. Объектно-ориентированная технология разработки программных систем / Л. Михайлов. – М. : Финансы и статистика, 2005. – С. 298.
14. Косенко, Т. Г. Характеристика технологии заготовки кормов / Т. Г. Косенко // Вопросы науки и образования. – 2019. – № 23 (71). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/harakteristika-tehnologii-zagotovki-kormov> (дата обращения: 29.03.2024).
15. Макаров, С. А. Технология заготовки и способы хранения консервированных кормов / С. А. Макаров // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 3-3 (45). – С. 109–112.
16. Победнов, Ю. А. Биологические основы силосования и сенажирования трав (обзор) / Ю. А. Победнов, В. М. Косолапов // Сельскохозяйственная биология. – 2014. – № 2. – С. 31–41.
17. Анализ влияния погодных условий на заготовку кормов из трав / В. Д. Попов [и др.] // АгроЭкоИнженерия. – 2015. – № 87. – С. 106–115.

А. Н. Юрин, к. т. н., доцент

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

РАЗРАБОТКА ЭКРАННЫХ ФОРМ ПРОГРАММЫ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ОПТИЧЕСКОЙ СОРТИРОВКИ ПЛОДОВ

Аннотация. В данной статье представлено обоснование алгоритма управления системой технического зрения для оптической сортировки плодов технологической линии сортировки и фасовки яблок ЛСП-4.

Ключевые слова: интерфейс, пользователь, изображение, яблоко, сорт, заказ, параметры, статистика, лотки, инженерный, точка сброса, функция.

A. N. Yuryn, PhD, Assoc. Prof.

*RUE “SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization”
Minsk, Republic of Belarus
E-mail: anton-jurin@rambler.ru*

DEVELOPMENT OF SCREEN FORMS FOR THE TECHNICAL VISION SYSTEM CONTROL PROGRAM FOR OPTICAL FRUIT SORTING

Abstract. This article presents the rationale for the control algorithm of a technical vision system for optical sorting of fruits of the technological line for sorting and packing apples LSP-4.

Keywords: interface, user, image, apple, sort, order, parameters, statistics, trays, engineering, reset point, function.

Введение

Графический интерфейс пользователя (Graphical User Interface, GUI) – разновидность пользовательского интерфейса, в котором элементы интерфейса представлены пользователю на дисплее в виде графических изображений.

Графический интерфейс дает пользователю возможность с помощью манипуляторов (клавиатура, мышь, джойстик и т. п.) управлять всеми элементами интерфейса [1]. Элементы графического интерфейса оформлены таким образом, чтобы отображать их назначение и свойства для облегчения понимания и освоения программ пользователями любого уровня.

Одним из требований к хорошему графическому интерфейсу программной системы является концепция DWIM (Do What I Mean – делай

то, что я имею в виду). Данная концепция требует, чтобы система работала предсказуемо для интуитивного понимания пользователем действий, которые выполнит программа после получения его команды [2]. Впервые графический интерфейс пользователя был реализован в операционных системах персональных компьютеров, но сейчас элементы GUI стали неотъемлемой частью даже простых бытовых и медицинских приборов, сотовых телефонов, устройств промышленной автоматики и многих других.

Основным достоинством графического интерфейса является его интуитивно понятное, «дружелюбное» восприятие для пользователей любого уровня [1, 2]. Однако с появлением сенсорных мониторов дизайн и подходы формирования GUI эволюционировали в отдельную технологию. Сенсорные мониторы, как и любые устройства управления и интерфейсы, создаются для взаимодействия пользователя и компьютера. Удобный графический интерфейс операционной системы и удобные средства управления стремятся максимально позволить пользователю компьютера объединиться с компьютером в одно целое при работе с ним. Поэтому расположение и назначение некоторых графических управляющих элементов изменилось. Также весьма большое влияние оказывают специфика выполняемых функций и место расположения управляющего шкафа, вплоть до спецодежды и средств индивидуальной защиты персонала.

В связи с этим разработка графического приложения для сенсорного монитора представляет собой оптимизационную задачу со множеством переменных, включая элементы технического задания от заказчика, накопленный опыт и принципы эргономики рабочих мест.

Основная часть

Интерфейс программного обеспечения системы технического зрения (СТЗ) обеспечивает выполнение следующих функций:

- ввод информации о заказе на сортировку плодов;
- настройка требований к качеству плодов;
- оперативное управление устройствами для выгрузки сортированных плодов, для регулировки загруженности рабочих-фасовщиков;
- анализ работы СТЗ и машины для сортировки в целом;
- настройка СТЗ, тестирование и анализ неисправностей.

Для этого меню графического приложения разделено на пять основных модулей с расположением их в виде вкладок в порядке их применения при работе с СТЗ:

- «ЗАКАЗ» – для ввода информации об объекте сортировки;
- «ПАРАМЕТРЫ» – для настройки параметров классификации яблок;
- «СТАТИСТИКА» – для отображения информации о процессе сортировки в режиме реального времени;

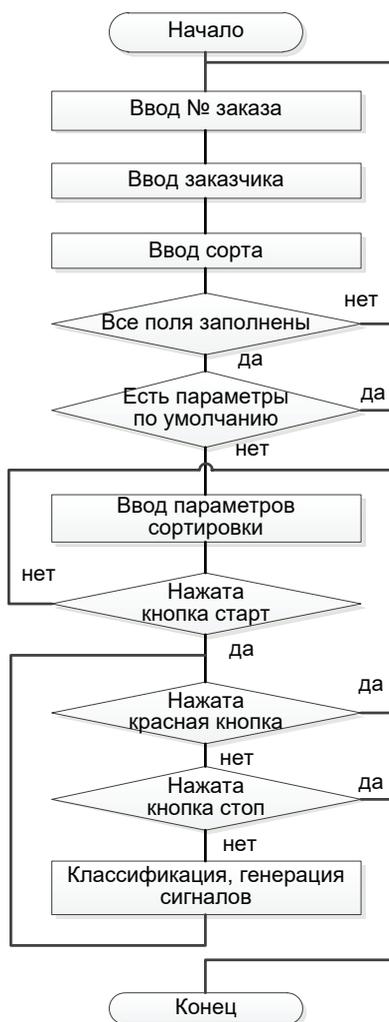


Рис. 1. Алгоритм работы графического интерфейса СТЗ

- «ЛОТКИ» – для распределения потоков отсортированных плодов по выходным конвейерам;
- «ИНЖЕНЕРНЫЙ» – для контроля над информационными и управляющими процессами СТЗ.

Алгоритм работы программного обеспечения графического интерфейса СТЗ представлен на рис. 1.

В данной схеме первые три этапа предусматривают ввод информации о предстоящей работе: номер заказа, заказчик, наименование сорта плодов. На ее основе пользователь может получить следующую информацию:

- номер заказа;
- наименование заказчика;

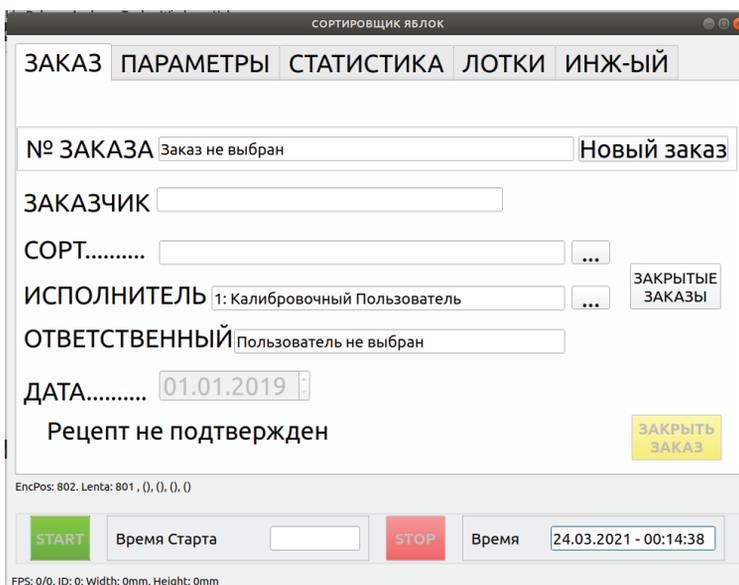


Рис. 2. Вкладка «ЗАКАЗ»

- наименование исполнителя;
- дата и сроки выполнения заказа;
- наименование сорта яблок;
- статистические данные полученного продукта, включая:
 - 1) геометрические параметры яблок;
 - 2) список допустимых/недопустимых дефектов;
 - 3) плотность яблок;
 - 4) скорость движения конвейера;
- описание характеристик, на основе которых производилась классификация.

Графическое изображение вкладки «ЗАКАЗ» приведено на рис. 2.

Указанная вкладка содержит следующие информационные элементы:

- «№ ЗАКАЗА» – уникальное название для каждого заказа;
- «ЗАКАЗЧИК» – уникальное имя заказчика;
- «СОРТ» – название сорта яблок в формируемом заказе;
- «ИСПОЛНИТЕЛЬ» – имя пользователя, осуществляющего настройку системы;
- «ОТВЕТСТВЕННЫЙ» – имя пользователя, осуществляющего контроль за работой системы;
- «ДАТА» – данные о дате, используются для формирования отчета.

Оператор не сможет запустить процесс сортировки плодов без информации, заполненной во вкладках «ЗАКАЗ» (номер заказа, наименование заказчика, наименование исполнителя, сорт) и «ПАРАМЕТРЫ» (коэффици-

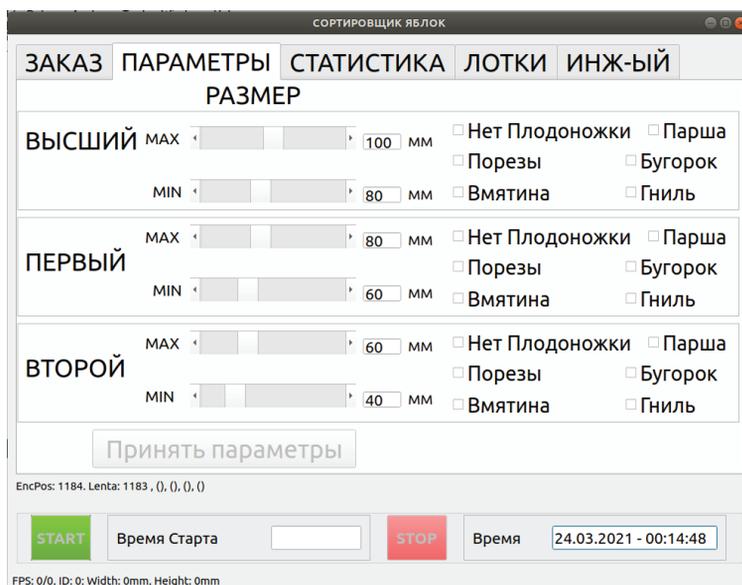


Рис. 3. Вкладка «ПАРАМЕТРЫ»

циенты классификации яблок по сортам) и «СТАТИСТИКА» (плотность). Если перечисленные параметры удовлетворяют значениям, хранящимся как «по умолчанию», то оператор может их не заполнять. Только после этого у оператора есть возможность нажать на кнопку «Старт», так как до этого момента она была в главном окне, но она была не активна.

Для прерывания процесса сортировки в меню реализована кнопка аварийной остановки (в дальнейшем – красная кнопка).

В соответствии с алгоритмом работы графического интерфейса СТЗ после ввода информации о заказе оператором СТЗ происходит настройка параметров классификации яблок посредством вкладки «ПАРАМЕТРЫ» (рис. 3).

Для этого во вкладке использованы шесть «ползунков», по два на каждый из сортов, которые позволяют бесступенчато изменять диаметр, относящийся к соответствующему сорту плода.

Во вкладке имеются индикаторы, позволяющие блоку управления СТЗ учитывать те или иные дефекты плодов в каждом из трех сортов.

При этом, если в предыдущей вкладке «Заказ» был выбран сорт, который использовался уже в предыдущих сессиях, то указанные выше значения коэффициентов автоматически устанавливаются по последним значениям. Если яблоки, используемые в текущем заказе, в небольших пределах отличаются от значений, установленных по умолчанию (в связи со сменой поставщика или иных условий), то у оператора есть возможность их корректировки.

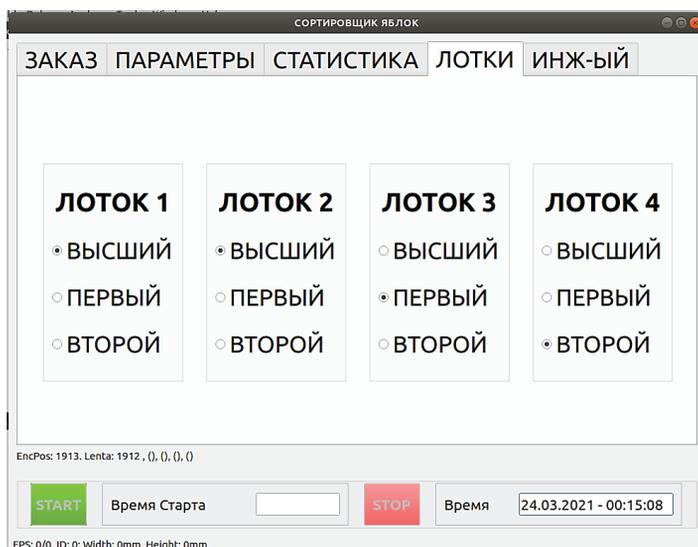


Рис. 4. Вкладка «ЛОТКИ»

После завершения настройки качественных параметров сортировки яблок по сортам оператором назначаются выходные конвейеры для каждого из сортов яблок во вкладке «ЛОТКИ» (рис. 4).

При выполнении процесса сортировки плодов с частичным использованием ручного труда важным является контроль производительности сортировки на каждый сорт, что позволит в режиме реального времени контролировать работу, определить точные сроки выполнения операции и выявить нарушения технологий уборки и хранения плодов. Для этого в графическом интерфейсе ЭБУ СТЗ использована вкладка «СТАТИСТИКА» (рис. 5).

В данной вкладке в режиме реального времени дается информация о производительности сортировки яблок как в целом, так и по отдельным сортам (в шт., кг и кг/ч).

Анализ получаемой оператором информации из вкладки «СТАТИСТИКА» (рис. 5) графического меню позволяет определить, сколько плодов каждого сорта получается. Последняя информация необходима оператору для принятия решения о выделении дополнительного выходного транспортера для сорта, на котором объем поступающих отсортированных плодов значительно больше других (рис. 4).

Для настройки СТЗ контроля ее функционирования в ГПИ добавлена вкладка «ИНЖЕНЕРНЫЙ», представленная на рис. 6.

Данная вкладка является служебной и предназначена для работы инженера, осуществляющего наладку ЭБУ. С помощью вложенных элементов меню и настроек наладчик имеет следующие возможности:

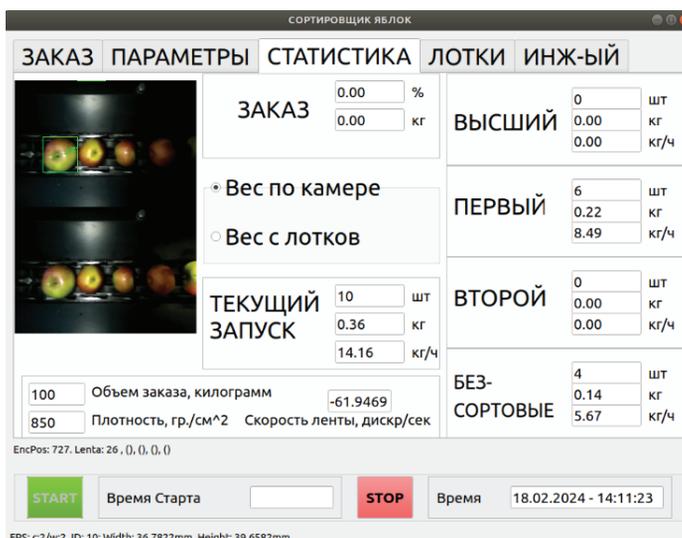


Рис. 5. Вкладка «СТАТИСТИКА»

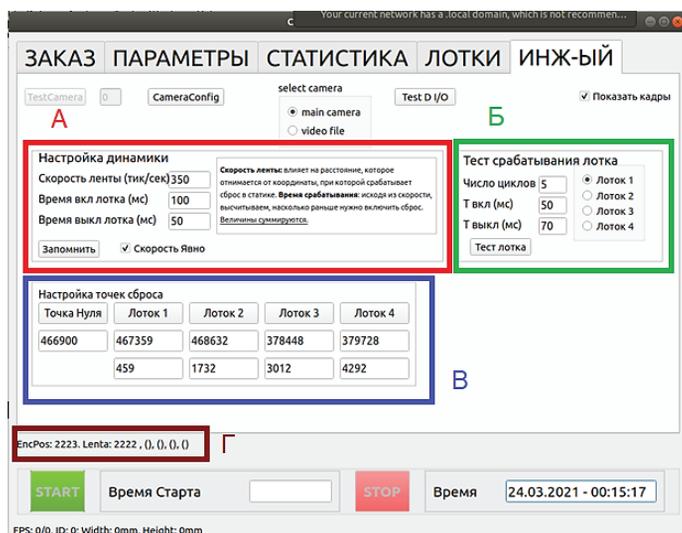


Рис. 6. Вкладка «ИНЖЕНЕРНЫЙ»

- сектор А – настройка срабатывания механизма сбрасывания яблок с ручным и автоматическим вводом скорости движения главного конвейера;
- сектор Б – тестирование и установление временных характеристик механизма разделения потока яблок;
- сектор В – установка расстояний до места разделения потока яблок для каждого из выходных транспортеров;
- сектор Г – отображение ошибок срабатывания соленоидов сбрасывания яблок и очередности их работы для каждого из выходных транспортеров.

Вывод

1. Создан графический интерфейс приложения для сенсорного управления системой технического зрения, обеспечивающий возможность оптимизации ее настройки управления с учетом входного качества плодов, требований пользователя и заказчика, а также принципов эргономики рабочих мест.

Список использованных источников

1. Куртов, М. Генезис графического пользовательского интерфейса. К теологии кода / М. Куртов. – М.: ТрансЛит, 2014. – 217 с.
2. Бланшет, Ж. Разработка графического интерфейса с помощью библиотеки Qt3 [Электронный ресурс] / Ж. Бланшет, М. Саммерфилд // OpenNET. – Режим доступа: http://www.opennet.ru/docs/RUS/qt3_prog/qt3.html. – Дата доступа: 04.10.2022.

Е. Л. Жилич¹, С. А. Гецман², Ю. Н. Рогальская¹, В. В. Никончук¹

¹ РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: npc_mol@mail.ru

² ООО «Полиэфир АГРО»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: orgpr@mail.ru

МЕТОД ОБНАРУЖЕНИЯ СОСКОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ РОБОТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ДОЕНИЯ

Аннотация. Метод обнаружения сосков вымени состоит из ряда этапов обработки и анализа изображений, которые вместе образуют общий алгоритм обнаружения сосков. От правильно выбранного метода обнаружения, алгоритма анализа и обработки поступающего потока изображений напрямую зависит время позиционирования доильного оборудования, что в последующем может негативно отразиться на всем процессе доения.

Ключевые слова: манипулятор, автоматизированная система, изображение, алгоритм, камера, сосок, алгоритм сглаживания.

E. L. Zhilich¹, S. A. Getzman², Yu. N. Rogalskaya¹, V. V. Nikonchuk¹

¹ RUE “SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization”

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: npc_mol@mail.ru

² LLS «Polyester AGRO»

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: orgpr@mail.ru

METHOD FOR TEAP DETECTION IN THE DEVELOPMENT OF ROBOTIC MILKING SYSTEMS

Abstract. The udder teat detection method consists of a number of image processing and analysis steps, which together form an overall teat detection algorithm. The time of positioning of milking equipment directly depends on the correctly chosen detection method, the algorithm for analyzing and processing the incoming stream of images, which in the future can negatively affect the entire milking process.

Keywords: manipulator, automated system, image, algorithm, camera, nipple, smoothing algorithm.

Введение

Доильная робототехника – это совокупность автоматических программируемых устройств, выполняющих все операции доильного цикла с высокой точностью, повторяемостью и низкой вариативностью результатов без участия человека или посредством команд оператора [1].

Роботы для автоматизированной системы доения выполняют множество функций: подготавливают вымя перед подключением доильного аппарата, находят соски и подключают к ним доильный аппарат, своевременно снимают доильный аппарат, дезинфицируют сосковую резину и подсчитывают количество шагов коровы, сделанных ею после последней дойки (выявление коров в охоте) [2].

Из второстепенных функций – роботы подают сигналы селекционным воротам для выборки проблемных коров, измеряют удой молока, кислотность, температуру, количество соматических клеток и т. д. [3].

Роботизированная технология доения коров имеет как существенные преимущества, так и определенные недостатки [4]. Например, длительность подготовительных операций перед доением при ее использовании на отдельных коровах может достигать в среднем 2 мин 34 с, что с физиологической точки зрения является отклонением от нормы, которая равна 1 минуте. Также зачастую возникают трудности с позиционированием доильного оборудования на вымени коров, поэтому при формировании стада приходится отбраковывать до 15 % коров, которые не соответствуют определенным требованиям, в противном случае автоматический поиск сосков и позиционирование доильных стаканов становятся затруднительными и требуют участия оператора.

Основная часть

С целью снижения времени позиционирования доильных стаканов на сосках вымени коров лабораторией механизации процессов производства молока и говядины РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» совместно с ООО «Полиэфир АГРО» при разработке отечественной роботизированной системы доения на основе теоретических и аналитических исследований определен метод обнаружения сосков.

Метод состоит из ряда этапов обработки и анализа изображений, которые вместе образуют общий алгоритм обнаружения сосков. Алгоритм использует в качестве входных трехмерный набор данных с 3D камеры, а также информацию о положении и ориентации камеры, полученную от роботизированного манипулятора, на котором установлена камера. В результате обработки входных данных алгоритм генерирует набор обнаруженных сосков, включая их положение, размер и ориентацию [5].

С точки зрения обработки изображения оптимальным является расположение камеры, смотрящей вверх, на сосок, прямо под выменем коровы. Это обеспечит обзор всего вымени и возможность измерения точек данных со всех сторон вымени [6]. Однако из-за особенностей расположения роботизированной руки и физиологии коровы камера располагается позади

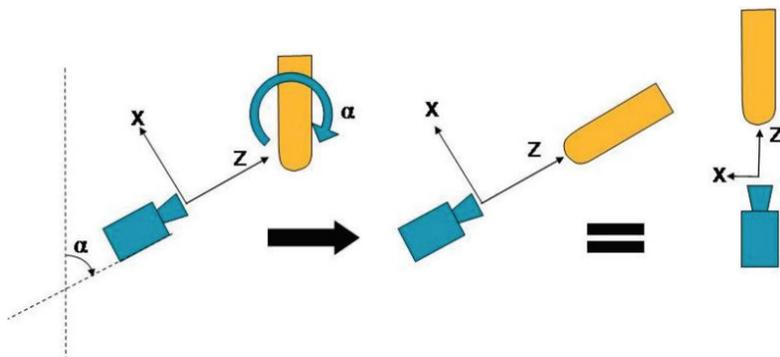


Рис. 1. Нормализация угла обзора

коровы и смотрит на соски под углом, который отклоняется от вертикали на угол α . Первый шаг алгоритма – компенсация этого угла (нормализация угла обзора, рис. 1).

Поворот на α градусов вокруг оси x с последующим поворотом на β градусов вокруг оси y вычисляется с помощью матрицы вращения R .

$$R = \begin{bmatrix} \cos(\beta) & 0 & \sin(\beta) \\ \sin(\alpha)\sin(\beta) & \cos(\alpha) & -\sin(\alpha)\cos(\beta) \\ -\cos(\alpha)\sin(\beta) & \sin(\alpha) & \cos(\alpha)\cos(\beta) \end{bmatrix}. \quad (1)$$

С помощью XYZ -представления точек данных применяется вращение:

$$XYZ_{\text{вращ}} = XYZ \cdot R. \quad (2)$$

Для получения исходного набора данных определяется обратное вращение путем интегрирования исходной матрицы.

$$XYZ = XYZ_{\text{вращ}} \cdot R^{-1}. \quad (3)$$

Несмотря на то что набор данных повернут и соски висят близко к вертикали, эти операции только имитируют вид прямо из-под соска и не восстанавливают ранее скрытые части.

Также на обнаружение сосков влияют помехи при видеонаблюдении (шумы). Для удаления шума из изображений используется низкочастотная фильтрация. Шум имеет гораздо более высокую частоту, чем основные характеристики изображения. В промышленном контроллере используется усредняющий фильтр, производится вычисление среднего значения интенсивности пикселя в области каждого пикселя для вычисления конечного отфильтрованного значения в каждом пикселе.

Для устранения размытости усредняющего фильтра используется алгоритм сглаживания каналов.

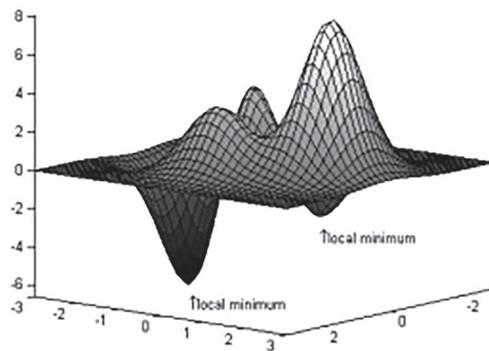


Рис. 2. Поиск локальных минимумов

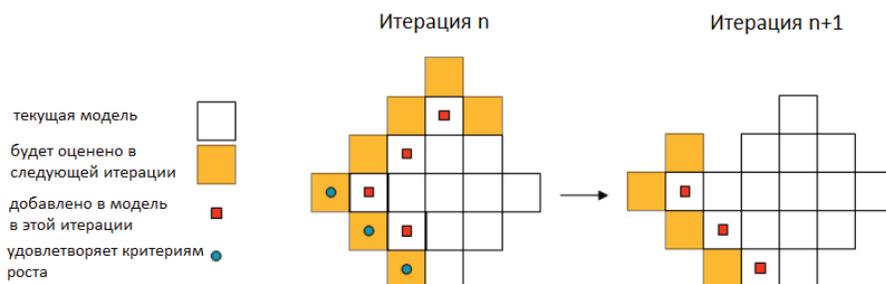


Рис. 3. Модифицированный метод роста области

В начале работы алгоритма каждый пиксель рассматривается с равной вероятностью как содержащий сосок или кончик соска. В первую очередь определяются точки интереса в наборе данных – места, которые с большой вероятностью могут быть кончиками сосков. Поиск точек интереса осуществляется путем поиска точек локального минимума в данных (рис. 2).

Вначале определяются стартовые (начальные) точки. Начиная с начальной точки, область интереса постепенно увеличивается с помощью дополнительных пикселей, которые выполняют заданное условие или соответствуют определенным схожим с начальной точкой свойствам.

Для оценки соседних пикселей выбирается меньшее подмножество пикселей. Пиксели, которые будут оцениваться в следующем шаге, состоят из пикселей тех точек, которые в настоящее время находятся в модели и которые добавлены в модель во время предыдущей итерации (рис. 3).

В этом методе есть два критерия – критерий роста и критерий остановки. Критерий роста основан на заданных параметрах формы соска: цилиндр, ограничивающий объем, окружающий кончик. Размер ограничивающего цилиндра определен как 2 см в диаметре и 5 см в высоту. Если точка находится внутри цилиндра или на заданном вертикальном или горизонтальном расстоянии от кончика соска, то точка считается принадле-

жащей соску и добавляется к области. При этом используется локальная система координат с началом в кончике соска и главной осью, проходящей через центр соска, чтобы компенсировать наклон соска.

Заданные параметры соска дают алгоритму предположения об ожидаемом результате, который используется в качестве критерия останова. Когда больше нет пикселей, удовлетворяющих критерию роста, область больше не будет увеличиваться.

После достижения критерия останова мы получаем двоичную модель, которая делит пиксели на принадлежащие соску и нет. Эта модель используется для извлечения полного набора точек, принадлежащих соску.

Далее функцией подтверждения эти наборы точек сравниваются с заданными наборами вычисляемых свойств, которые соответствуют фактическим характеристикам реальных сосков. Это высота, ширина, ориентация, плотность точек, удлинение и другие свойства.

В конце алгоритм определяет по массиву точек кончика соска их положение и наклон.

Промышленный контроллер, получив от алгоритма определения положения сосков, дает команды манипулятору на передвижение в соответствующие координаты.

В ходе подключения стаканов животное может менять положение в боксе, и положение сосков будет меняться, поэтому алгоритм работает постоянно, отправляя команды на корректировку положения манипулятора.

Заключение

Возможности обработки полученных XYZ-данных на данный момент достаточно ограничены. Большая часть анализа должна производиться после преобразования их в изображение, однако это может привести к заминкам при позиционировании доильного оборудования, что в свою очередь приведет к нарушению регламента доения. При разработке роботизированных систем доения необходимо уделить особое внимание нахождение и распознаванию сосков, поскольку без данной опции осуществить процесс доения будет невозможно.

Список использованных источников

1. Скворцов, Е. А. Доильная робототехника и ее влияние на качество молока / Е. А. Скворцов, Е. Г. Скворцова // Аграрное образование и наука. – 2016. – № 4. – С. 31. – EDN XWKQYT.
2. Современные технологии роботизированного доения коров / Л. Ю. Киселев [и др.] // Российская сельскохозяйственная наука. – 2019. – № 3. – С. 54–57. DOI: 10.31857/S2500-26272019354-57.

3. Тихомиров, И. А. Технологические особенности использования доильных роботов в молочном скотоводстве / И. А. Тихомиров, В. К. Скоркин // Техника и технологии в животноводстве. – 2020. – № 1 (37). – С. 32–37. – EDN ANUCAS.

4. Особенности роботизированной технологии доения высокопродуктивных коров на современных комплексах / Е. А. Тяпугин [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – № 2. – С. 57–58.

5. Хуршудов, А. А. Построение трехмерных карт признаков на основе видеофрагментов методом оптического потока / А. А. Хуршудов // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – 2015. – № 2–3 (217–222). – С. 115–124. DOI: 10.5862/JCSTCS.217-222.10. – EDN TZGOWX.

6. Юрочка, С. С. Разработка методов определения биометрических и температурных параметров вымени лактирующих животных на основе оптических технологий : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / С. С. Юрочка ; ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ». – Москва, 2022. – 24 с.

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

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: azeshko@gmail.com

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ РАСЧЕТА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МАШИН ХИМИЗАЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Аннотация. В статье представлены результаты разработки программного модуля для расчета технико-экономических показателей машин химизации земледелия. Программный модуль предназначен для вычисления эксплуатационных параметров основных и вспомогательных агрегатов для внесения удобрений и химических средств защиты растений. Разработка программного модуля осуществлялась при выполнении научных исследований, проводимых при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (договор с БРФФИ №Т23МН-004 от 02.05.2023).

Ключевые слова: программный модуль, средства химизации земледелия, машины для внесения удобрений, база данных, объектно-ориентированное программирование.

A. A. Zheshko, PhD, Assoc. Prof., **A. V. Lenski**, PhD

RUE “SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization”

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: azeshko@gmail.com

A SOFTWARE MODULE FOR CALCULATING THE TECHNICAL AND ECONOMIC INDICATORS OF CHEMICAL FARMING MACHINES

Abstract. The article presents the results of the development of a software module for calculating the technical and economic indicators of chemical farming machines. The software module is designed to calculate the operational parameters of the main and auxiliary units for applying fertilizers and chemical plant protection products. The development of the software module was carried out during scientific research conducted with the support of the Belarusian Republican Foundation for Basic Research (agreement with the BRFFI No. T23MN-004 dated 05/02/2023).

Keywords: software module, agricultural chemicalization tools, fertilizer machines, database, object-oriented programming.

Введение

Технические средства химизации земледелия относятся к машинам общего назначения, которые используются для обработки всех сельскохозяйственных культур. К ним относятся комплексы машин для внесения твердых и жидких минеральных удобрений; твердых, жидких и полужидких органических удобрений, химических мелиорантов и пестицидов. Прио-

ритет названных машин подтверждается тем, что доля их использования в технологиях возделывания всех без исключения сельскохозяйственных культур составляет 40 % и более, включая основное, предпосевное, подкормочное внесение удобрений, операции по борьбе с вредителями, сорняками и болезнями при уходе за сельскохозяйственными культурами, а также технологические операции по известкованию почв. Учитывая тот факт, что машины химизации используются с ранней весны до поздней осени, годовая загрузка их превышает аналогичный показатель для другой сельскохозяйственной техники, а работа машин, сопряженная с взаимодействием с агрессивными средами, возлагает соответствующие требования по обеспечению надежности машин химизации [1, 2].

Приемлемый уровень окупаемости 1 кг д. в. минеральных удобрений в Республике Беларусь должен составлять 8–10 кг зерна. Органические удобрения должны окупаться дополнительными 25 кг зерна на каждую внесенную тонну навоза. Эффективность применения пестицидов – 10 долл. США на каждый вложенный доллар затрат от их применения. Однако на протяжении многих лет возможности средств химизации земледелия используются недостаточно эффективно [3]. Своевременное внесение удобрений является существенным резервом повышения окупаемости вносимых средств химизации земледелия [4, 5].

Основная часть

Средства химизации необходимо вносить в оптимальные агротехнические сроки, причем техника для внесения удобрений должна по маневренности и производительности подбираться с учетом конкретных производственных условий. Для вычисления оптимальных конструктивно-технологических параметров машинно-тракторных агрегатов для внесения удобрений в зависимости от конкретных условий целесообразно использовать соответствующий инструмент Agronaut.by [6, 7, 8], который позволяет после выделения контуров полей, где предполагается вносить удобрения или химические средства защиты растений, определить рациональные направления движения основных агрегатов, а также вычислить производительность и удельный расход топлива для конкретных рабочих участков. Если в хозяйстве имеется несколько агрегатов для внесения удобрений, можно выявить наиболее эффективный вариант по критериям расхода топлива и производительности.

Моделировать работу вспомогательных транспортных агрегатов целесообразно с использованием инструмента по решению задач внутривозвратной логистики Agronaut.by [9, 10], что позволяет найти оптимальные внутривозвратные маршруты для доставки удобрений от склада до ра-

бочего участка с учетом инфраструктуры и состояния дорожных покрытий, определить рациональное место размещения склада удобрений и решить ряд других задач.

Для вычисления технико-экономических показателей основных и вспомогательных агрегатов для внесения удобрений разработан соответствующий модуль (рис. 1), который состоит из нескольких форм. В соответствии с рис. 1 форма ввода исходных данных состоит из заголовка 1, блока ввода исходных данных 2, блока выбора основного агрегата для внесения удобрений 3, блока выбора погрузочного агрегата 4, блока ввода данных о составляющих времени смены 5.

Блок ввода исходных данных (рис. 2) состоит из полей ввода данных о норме вносимых удобрений 1, расстоянии транспортировки 2, среднем уклоне рабочего участка 3, выпадающего списка для выбора радиуса поворота агрегата 4, полей ввода длины 5 и ширины 6 рабочего участка, класса груза 7 и плотности вносимых удобрений 8.

Рис. 1. Форма для ввода исходных данных программы для расчета эксплуатационных показателей машин внесения удобрений:

- 1 – заголовок формы; 2 – блок ввода исходных данных; 3 – блок выбора основного агрегата для внесения удобрений; 4 – блок выбора погрузочного агрегата; 5 – блок ввода данных о составляющих времени смены

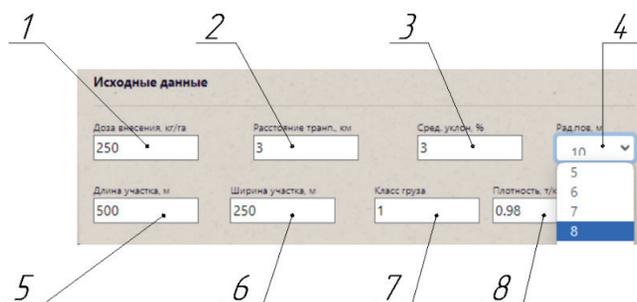


Рис. 2. Блок ввода исходных данных: 1 – доза внесения; 2 – расстояние транспортировки удобрений; 3 – средний уклон местности; 4 – радиус поворота агрегата для внесения удобрений; 5 – длина рабочего участка; 6 – ширина рабочего участка; 7 – класс груза; 8 – плотность удобрений



Рис. 3. Блок выбора данных об основном агрегате для внесения удобрений: 1 – вид удобрений; 2 – марка машины; 3 – марка трактора

Блок выбора данных об основном агрегате для внесения удобрений (рис. 3) состоит из выпадающих списков для выбора типа вносимых удобрений 1 (рис. 3 и 4). В зависимости выбранного вида удобрений осуществляется автоматизированное формирование выпадающего списка 2 с марками машин для внесения удобрений (рис. 3). В зависимости от выбранной марки машины для внесения удобрений осуществляется автоматизированное формирование списка тракторов 3 для агрегатирования с выбранной машиной, которые оптимально подходят для комплектования по критерию загрузки двигателя.

Для выбора марки погрузочного агрегата необходимо из выпадающего списка (рис. 5) выбрать соответствующий элемент.

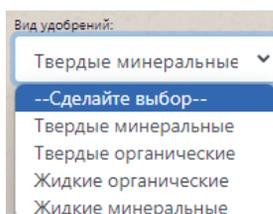


Рис. 4. Выпадающий список выбора вида удобрений

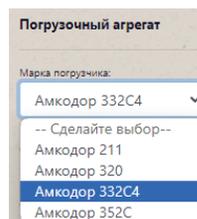


Рис. 5. Выпадающий список выбора марки погрузочного агрегата

Составляющие времени смены					
t ₂	t ₅	t _{еж}	t _{рп}	t _{рп}	t _{рпк}
0,2	0,45	0,18	0,08	0,08	0,2

Рис. 6. Блок ввода данных о составляющих времени смены: 1 – время на техническое обслуживание агрегата в поле; 2 – время на отдых и личные надобности; 3 – время ежесменного технического обслуживания; 4 – время на подготовку агрегата к переезду; 5 – время на получение наряда и сдачу работы; 6 – время на переезды

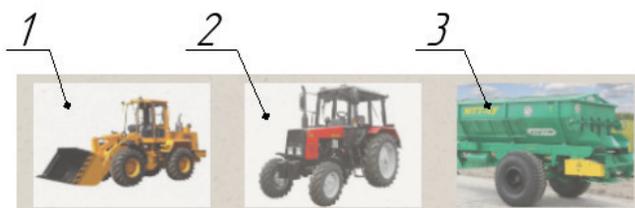


Рис. 7. Блок вывода изображений выбранных технических средств: 1 – изображение погрузочного агрегата; 2 – изображение трактора; 3 – изображение машины для внесения удобрений

Характеристики трактора		
Мощн. трактора, кВт	Удельн. расх. топл., г/кВт ч	Масса тракт., т
59,6	229	3270

Рис. 8. Блок вывода данных о характеристике трактора: 1 – мощность трактора; 2 – удельный расход топлива; 3 – масса трактора

Перед выполнением расчетов необходимо также ввести данные о составляющих времени смены (рис. 6). Для этого в соответствующие поля ввода необходимо ввести время на техническое обслуживание агрегата в поле 1, время на отдых и личные надобности 2, время ежесменного технического обслуживания 3, время на подготовку агрегата к переезду 4, время на получение наряда и сдачу работы 5 и время на переезды 6.

После выбора соответствующих технических средств для внесения удобрений путем заполнения форм (рис. 1–6) в блоке вывода изображений выбранных технических средств (рис. 7) появятся соответствующие изображения.

После выбора из выпадающего списка марки трактора 3 (рис. 3) в блоке вывода данных о характеристике трактора (рис. 8) появятся соответствующие данные, которые при необходимости можно редактировать перед выполнением расчетов.

Характеристики машины				
Мощн. на ВОМ, кВт	Масса машины, кг	Шири. захв., м	Длина маш., м	Объем куз. л
12	2600	20	5.6	4000

Рис. 9. Блок вывода данных о характеристике машины для внесения удобрений: 1 – мощность на привод ВОМ; 2 – масса машины для внесения удобрений; 3 – ширина захвата машины для внесения удобрений; 4 – длина машины; 5 – объем кузова

Характеристики погрузчика		
Мощн. погрузчика, кВт	Объем ковша, л	Масса погрузчика, кг
96	3000	10900

Выполнить расчет

Рис. 10. Блок вывода данных о характеристике погрузчика: 1 – мощность погрузчика; 2 – объем ковша; 3 – масса погрузчика; 4 – кнопка запуска вычислений



Рис. 11. Блок вывода данных о результатах вычисления эксплуатационных показателей машины для внесения удобрений: 1 – график расхода топлива; 2 – график составляющих времени цикла; 3 – результаты вычисления эксплуатационных показателей машины для внесения удобрений

Аналогично после выбора из выпадающего списка марки машины для внесения удобрений 2 (рис. 3) в блоке вывода данных о ее характеристиках (рис. 9) появляются соответствующие данные, которые при необходимости можно редактировать.

После выбора из выпадающего списка марки погрузочного агрегата (рис. 5) в блоке вывода данных о характеристике погрузчика (рис. 10) появляются соответствующие данные, которые при необходимости можно редактировать перед выполнением расчетов.

В нижней части блока (рис. 10) расположена кнопка для запуска вычислений 4. После завершения ввода исходных данных необходимо нажать на кнопку 4, в результате чего в нижней части формы появятся результаты вычислений и графическая информация (рис. 11).

В соответствии с рис. 11 в качестве результатов вычислений отображаются графики составляющих расхода топлива I при выполнении технологической операции внесения удобрений: номинальный часовой расход топлива, расход топлива при остановках трактора, расход топлива на холстом ходу.

Заключение

1. Результаты расчетов, выполненные в разработанном программном модуле для расчета технико-экономических показателей машин химизации земледелия, показали высокую сходимость с протоколами испытаний машин химизации земледелия.

2. Разработанный программный модуль зарегистрирован в Национальном центре интеллектуальной собственности (Свидетельство о регистрации и депонировании объекта авторского права №1690-КП «Программа для расчета эксплуатационных показателей машин для внесения удобрений»).

Список использованных источников

1. Степук, Л. Я. Недобор и потери урожая как следствие наличия проблем в сфере технического обеспечения сельского хозяйства / Л. Я. Степук, В. Р. Петровец, И. В. Барановский / Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии: сб. ст. / УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия». – Горки, 2017. – № 2. – С. 132–136.

2. Лапа, В. В. Продуктивность сельскохозяйственных культур и применение минеральных удобрений в Республике Беларусь / В. В. Лапа, Е. Г. Мезенцева, О. Г. Кулеш // Почвоведение и агрохимия. Научный журнал. – 2020. – № 1. – С. 7–14.

3. Система применения удобрений : учеб. пособие / В. В. Лапа [и др.]; под ред. В. В. Лапы. – Гродно : ГГАУ, 2011. – 416 с.

4. Комлач, Д. И. Становление и развитие отечественного сельхозмашиностроения за период новейшей истории Беларуси. проблемы и пути решения / Д. И. Комлач, Л. Я. Степук // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 75-летию образования РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» (Минск, 20–21 октября 2022 г.) / редкол.: П. П. Казакевич [и др.]. – Минск : Беларуская навука, 2022. – С. 12–18.

5. Степук, Л. Я. Доказательства необходимости разработки и реализации государственной научно-технической программы приоритетного сельхозмашиностроения / Л. Я. Степук // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 75-летию образования РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» (Минск, 20–21 октября 2022 г.) / редкол.: П. П. Казакевич [и др.]. – Минск : Беларуская навука, 2022. – С. 27–33.

6. Ленский, А. В. Анализ методов расчета оптимальных маршрутов движения машинно-тракторного агрегата по полевому участку произвольной конфигурации / А. В. Лен-

ский, А. А. Жешко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. темат. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2018. – Вып. 51. – С. 212–220.

7. Ленский, А. В. Оптимизация маршрутов движения машинно-тракторных агрегатов по рабочим участкам простой конфигурации / А. В. Ленский, А. А. Жешко // Механизация и электрификация сельского хозяйства : межвед. темат. сб. / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по механизации сел. хоз-ва. – Минск, 2019. – Вып. 52. – С. 13–19.

8. Ленский, А. В. Разработка алгоритма оценки эксплуатационных показателей самоходных и стационарных технических средств / А. В. Ленский, А. А. Жешко // Механизация и электрификация сельского хозяйства : межвед. темат. сб. / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по механизации сел. хоз-ва. – Минск, 2020. – Вып. 54. – С. 156–163.

9. Ленский, А. В. Точное формирование транспортных маршрутов для конкретных производственных условий / А. В. Ленский, А. А. Жешко // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-техн. конф. (Минск, 22–23 октября 2020 г.) / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по механизации сел. хоз-ва. – Минск, 2020. – С.111–116.

10. Жешко А. А. Функциональная и информационная модели автоматизированной системы рационального комплектования машинно-тракторных агрегатов/ А. А. Жешко, А. В. Ленский // Механизация и электрификация сельского хозяйства : межвед. темат. сб. / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по механизации сел. хоз-ва. – Минск, 2023. – Вып. 56. – С. 202–207.

Е. Л. Жилич, С. А. Цалко, Ю. Н. Рогальская, В. В. Никончук

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

ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОКЛИМАТА В ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Аннотация. Создание благоприятного микроклимата в животноводческих помещениях является одним из основных условий сохранения здоровья животных и повышения их продуктивности. Экономическая эффективность ведения животноводства зависит от условий рационального содержания животных, которые в значительной мере определяются оптимальным микроклиматом в помещениях. Какими бы высокими породными и племенными качествами ни обладали животные, без создания для них благоприятного микроклимата они не в состоянии сохранить здоровье и проявить свои потенциальные производительные способности, обусловленные генетическим потенциалом.

Ключевые слова: вентиляция, мелкодисперсное орошение, температурно-влажностный режим, теплоотдача, продуктивность.

E. L. Zhilich, S. A. Tsalko, Yu. N. Rogalskaya, V. V. Nikonchuk

*RUE "SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization"
Minsk, Republic of Belarus
E-mail: npc_mol@mail.ru*

RESEARCH AND ANALYSIS OF THE FORMATION PARAMETERS OF MICROCLIMATE IN ANIMAL HOUSING PREMISES

Abstract. Creating a favorable microclimate in livestock buildings is one of the main conditions for maintaining the health of animals and increasing their productivity. The economic efficiency of livestock farming depends on the conditions for rational keeping of animals, which are largely determined by the optimal microclimate in the premises. No matter how high the breeding and breeding qualities of animals are, without creating a favorable microclimate for them, they are not able to maintain health and demonstrate their potential productive abilities, determined by their genetic potential.

Keywords: ventilation, fine irrigation, temperature and humidity conditions, heat transfer, productivity.

Введение

В обеспечении рентабельности животноводческих предприятий на промышленной основе большую роль играют биотехнологические факторы, в частности микроклимат, который наряду с кормлением определяет

оптимальные условия существования животных. Известно, что между организмом и средой его обитания существует тесная и неразрывная связь. При этом совокупность факторов внешней среды постоянно воздействует на организм, вызывая в нем различные ответные реакции [1].

Нарушение оптимальных условий содержания или несоответствие среды естественному проявлению этологических реакций животных приводит к изменению гомеостатического равновесия в организме, вызывая в нем состояние напряжения – стресс, который приводит к потере продуктивности, увеличению затрат кормов и преждевременной выбраковке, а также падежам животных.

Основная часть

В настоящее время на рынке отсутствуют отечественные системы управления микроклиматом, однако можно встретить зарубежные системы отечественной сборки с заимствованным программным обеспечением, что делает невозможным процесс интеграции в отечественную систему управления менеджментом стада, а также вызывает сложности при обслуживании оборудования [2, 3].

Производство систем автоматизированного обеспечения микроклимата в Республике Беларусь и странах СНГ не освоено, а использование для обеспечения микроклимата аналогичного оборудования зарубежного производства затруднено по причине санкционной политики и высокой стоимости, проблем с запчастями в процессе эксплуатации, необходимости оплаты информационно-консультативных услуг и сервисного обслуживания и т. д. При этом реконструкция и техническое переоснащение молочно-товарных ферм и комплексов должны преследовать цель не только замены физического и морально изношенного оборудования, но и создания принципиально новых систем формирования микроклимата [4].

Под микроклиматом животноводческих помещений понимается совокупность физических и химических факторов сформировавшейся внутри них воздушной среды. К важнейшим параметрам микроклимата относят:

- температуру воздуха;
- относительную влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- химический состав воздуха;
- наличие взвешенных частиц пыли и микроорганизмов;
- освещенность.

В частности, при формировании оптимального температурно-влажностного режима, необходимо уделить особое внимание системам вентиляции.

По принципу действия системы вентиляции делят на естественную (гравитационную), принудительную с механическим побудителем потока и комбинированную.

Работа системы естественной вентиляции основывается на перепадах давления внутри и снаружи зданий. Холодный воздух с улицы вытесняет теплый, который находится в животноводческих помещениях. Благодаря этому осуществляется его естественная циркуляция. Важно учитывать, что такая вентиляционная система будет эффективной только в том случае, если разница температуры снаружи и внутри составляет не менее 8–10 °С.

Естественно, летом такого перепада не будет. Поэтому в помещении нет необходимой циркуляции воздушного потока, вследствие чего возникнет застой.

Принудительная вентиляция с механическим побудителем в свою очередь подразделяется на приточную, вытяжную и приточно-вытяжную.

Обычно используют последний вариант. Монтируется две линии, одна из них необходима для обеспечения притока чистого воздуха, а вторая для вывода загрязненного. Как правило, для высокой эффективности обе используются одновременно.

Кроме того, приточная вентиляция может быть без подогрева подаваемого в помещения воздуха или с подогревом. Такой тип вентиляционных систем является более эффективным в сравнении с предыдущим. Он не зависит от окружающих условий, в том числе от температуры. Циркуляция воздушного потока осуществляется за счет работы вентиляторов для животноводческих помещений.

Комбинированная вентиляция представляет собой использование нескольких схем вентиляции в одном помещении. Например, приток через оконные проемы и вытяжка через световентиляционный конек может быть дополнена разгонными вентиляторами, установленными над кормовым столом. Система позволяет, например, отключить механическую вентиляцию, оставляя естественный приток и вытяжку, и тем самым сократить энергетические затраты. Такая система подходит для ферм и комплексов с большими сезонными перепадами температуры.

Расчет необходимого воздухообмена животноводческого помещения производится по предельно допустимым зоогигиеническим нормам содержания углекислоты или влажности воздуха в помещениях для разных видов животных. Поскольку сухость воздуха в животноводческих помещениях имеет особое значение для создания у животных устойчивости к заболеваниям и высокой продуктивности, то правильнее вести расчет объема вентиляции по норме влажности воздуха. Объем вентиляции, рассчитанный по влажности, выше, чем рассчитанный по углекислоте. Основной расчет необходимо проводить по влажности воздуха, а контрольный – по содержанию углекислоты [5, 6].

Благоприятная температура – одно из необходимых условий для нормального течения обмена веществ в организме животных. Нарушение теплового режима отрицательно сказывается на проявлении всех жизненных процессов:

- при низкой температуре увеличивается теплоотдача тела, вследствие чего животные усиленно потребляют корм;

- при температуре ниже критической организм не успевает вырабатывать тепло за счет энергии корма, в результате чего наступает переохлаждение, возможны простудные заболевания и даже гибель животных.

При температуре ниже критической усиливается обмен веществ (у крупного рогатого скота на 2–3 %, у свиней – на 4 % на каждый градус понижения), что приводит к увеличению расхода кормов (на 15–30 % и более), так как организму животного необходима дополнительная теплота, чтобы сохранить температуру тела постоянной. Для этого требуется дополнительная энергия, которая может быть получена только из корма, и, таким образом, она исключается из процессов при образовании молока, мяса, шерсти и др.

Оптимальной температурой называют температуру, при которой животные проявляют наивысшую продуктивность при минимальных затратах кормов и средств на обеспечение микроклимата. При содержании животных при температурах, отличных от оптимальных, значительно снижается их продуктивность. Важное значение имеет обеспечение оптимального температурного режима для молодняка сельскохозяйственных животных. Низкие температуры в телятнике – одна из причин смертности телят (особенно в первые недели жизни) в результате заболеваний (катар верхних дыхательных путей, бронхопневмония, диспепсия и др.).

Крупный рогатый скот менее чувствителен к низким температурам, чем к высоким. Оптимальная температура в помещении для крупного рогатого скота составляет 8–16 °С. При температуре выше 16 °С у животных нарушаются терморегуляция и другие физиологические процессы, удои молока снижаются на 20–30 %, уменьшается прирост живой массы молодняка на 12–30 %, ухудшается аппетит, повышается температура тела, пульс и дыхание учащаются в 2–3 раза по сравнению с нормой. В результате воздух насыщается диоксидом углерода (CO₂) и водяными парами, что способствует появлению пневмонии, септических заболеваний.

При температуре воздуха выше 26 °С снижается удои коров на 20–50 % и жирность молока на 30–40 %, ухудшается оплодотворяемость, увеличивается число мертворожденных телят. Длительное содержание коров при температуре 30 °С приводит к их временной стерильности.

На основе вышеизложенного можно сделать вывод, что обеспечение оптимальных параметров помещений для крупного рогатого скота с высокой продуктивностью сегодня является одним из приоритетных направлений.

Для формирования и поддержания оптимального температурно-влажностного режима, помимо вентиляционных систем, сегодня существует ряд конструктивных решений. Одним из таких технологических вариантов является система охлаждения воздуха помещений туманом (мелкодисперсное орошение), которая является передовой и наиболее прогрессивной на мировом рынке оборудования по регулированию микроклимата.

Система туманного охлаждения – это линии с распылительными форсунками, установленные параллельно боковым стенам помещения. С помощью насоса вода под высоким давлением проходит через форсунки, таким образом образуется высокодисперсный туман.

Существуют три основных типа систем мелкодисперсного орошения для охлаждения:

- система низкого давления (7–14 бар) работает по принципу адиабатического охлаждения. Она снижает температуру воздуха за счет испарения воды, которая распыляется через форсунки низкого давления. В результате создаются крупные капли, которые попадают на шерсть и кожу животных;

- система высокого давления (28–41 бар) также работает по принципу адиабатического охлаждения. Однако она использует воду под высоким давлением. В результате создается мелкодисперсный туман. Он быстро испаряется в воздухе, забирая с собой тепло и снижая температуру на 5–8 градусов. Такие системы не увлажняют шерсть и кожу животных и не способствуют развитию болезней;

- система сверхвысокого давления (48–69 бар) считается наиболее эффективной. Она создает сверхмелкодисперсный туман, который в результате испарения забирает с собой большое количество тепла. Такой эффект снижает температуру на 6–12 °С.

Пример реализации данных систем представлен на рис. 1.



Рис. 1. Охлаждение посредством мелкодисперсного орошения

Использование системы туманообразования без системы вентиляции недопустимо. Использование систем туманообразования должно осуществляться под контролем средств автоматики, работающих с индексом ТНІ для достижения определенного показателя влажности.

Заключение

Обеспечение благоприятного микроклимата для сохранения здоровья и продуктивности сельскохозяйственных животных является приоритетом. Микроклимат представляет собой внешнюю среду, в которой протекает жизнь животных и с которой они находятся в постоянном взаимодействии. Формирование микроклимата в животноводческих помещениях зависит от климатических условий местности, объемно-планировочных решений зданий, технологии содержания животных, эффективности систем вентиляции, отопления, теплотехнических свойств ограждающих конструкций, эффективности систем и уборки навоза, состава поголовья, плотности размещения, типа кормления животных, распорядка дня, а также от выполнения санитарных требований по содержанию животных и уходу за ними.

Экономическая эффективность ведения животноводства зависит от условий рационального содержания животных, которые в значительной мере определяются оптимальным микроклиматом в помещениях. Какими бы высокими породными и племенными качествами ни обладали животные, без создания для них благоприятного микроклимата они не в состоянии сохранить здоровье и проявить свои потенциальные производительные способности, обусловленные генетическим потенциалом.

Список использованных источников

1. Карташова, А. Н. К вопросу обеспечения оптимального микроклимата животноводческих помещений / А. Н. Карташова, М. И. Закревский // Ветеринарные и зооинженерные проблемы животноводства : материалы I Междунар. научн.-практ. конф. (г. Витебск, 28–29 нояб. 1996 г.) / Витебская государственная академия ветеринарной медицины. – Витебск. – 1996. – С. 183.
2. Куликова, Н. И. Новые технологические приемы формирования продуктивных и интерьерных показателей молочного скота : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук : 06.02.04 / Н. И. Куликова ; Кубан. гос. аграр. ун-т. – Краснодар, 2003. – 46 с.
3. Медведский, В. А. Зоогигиена с основами проектирования животноводческих объектов. Практикум : учеб. пособие / В. А. Медведский. – Минск : ИВЦ Минфина. – 2018. – 328 с.
4. Влияние микроклимата на продуктивность коров / В. Н. Тимошенко [и др.] // Инновационные технологии в производстве сельскохозяйственной продукции : сб. науч. статей Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 2–3 июня 2015 г. – Минск : БГАТУ, 2015. – С. 601–606.

5. Второй, В. Ф. Исследование параметров микроклимата коровника переносным измерительным комплексом / В. Ф. Второй, С. В. Второй, Р. М. Ильин // Агрэкоинженерия. – 2021. – № 3 (108). – С. 154–164.

6. Технологическое и техническое обеспечение молочного скотоводства. Состояние, стратегия развития : рекомендации / Ю. А. Иванов [и др.] ; М-во сельского хоз-ва Российской Федерации, Российская акад. с.-х. наук, Федеральное гос. науч. учреждение «Российский науч.-исслед. ин-т информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса» (ФГНУ «Росинформагротех»). – Москва : ФГНУ «Росинформагротех». – 2008. – 227 с.

**Е. Л. Жилич, С. А. Цалко, Ю. Н. Рогальская, В. В. Никончук,
О. Л. Екельчик**

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

К ВОПРОСУ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССА СМЕШИВАНИЯ ПРИ ПРИГОТОВЛЕНИИ КОМБИКОРМОВ И КОРМОСМЕСЕЙ

Аннотация. Успешное развитие отрасли животноводства возможно только на основе развитой и прочной кормовой базы, в создании которой комбикормовая промышленность играет важную роль. Одним из этапов производства комбикормов и кормосмесей является процесс смешивания основных компонентов для достижения наибольшей однородности приготавливаемой кормосмеси. В ходе исследований предложена конструкция смесителя кормов, которая способствует более быстрому приготовлению комбикормов, без ущерба для однородности кормосмеси.

Ключевые слова: смеситель, аналог, прототип, вал, мешалка, лопасть, корм, кормосмесь.

E. L. Zhilich, S. A. Tsalko, Yu. N. Rogalskaya, V. V. Nikonchuk, O. L. Ekelchik

*RUE "SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization"
Minsk, Republic of Belarus
E-mail: npc_mol@mail.ru*

ON THE ISSUE OF INTENSIFICATION OF THE MIXING PROCESS DURING THE PREPARATION OF COMPOUND FEED AND FEED MIXTURES

Abstract. The successful development of the livestock industry is possible only on the basis of a developed and strong feed base, in the creation of which the feed industry plays an important role. One of the stages in the production of mixed feed and feed mixtures is the process of mixing the main components to achieve the greatest homogeneity of the prepared feed mixture. During the research, a design of a feed mixer was proposed, which facilitates faster preparation of feed, without compromising the uniformity of the feed mixture.

Keywords: mixer, analogue, prototype, shaft, mixer, blade, feed, feed mixture.

Введение

Животноводческая отрасль сельского хозяйства является основным потребителем кормов. При этом, поскольку ни один вид корма не содержит полного набора требуемых для животных питательных веществ, витаминов и микроэлементов, скармливание отдельных видов кормов приводит

к тому, что животные развиваются медленно. Отдача от них снижается, растут расходы на единицу производимой продукции и в конечном итоге снижается рентабельность производства [1, 2].

В среднем расход кормов на получение 1 ц молока превышает затраты труда в 1,5 раза, мяса крупного рогатого скота (КРС) – в 2,5 раза. И только качественные корма обеспечивают доставку в организм животного полезных веществ в требуемых количествах и соотношениях, что позволяет на 15–20 % повысить продуктивность животных по сравнению с использованием кормосмесей, сопоставимых с ними по общей питательности.

В структуре рационов крупного рогатого скота концентрированные корма составляют до 35 %. В соответствии с намечаемыми объемами производства продукции животноводства потребность в концентрированных кормах составит до 18,8 млн т [3].

Основная часть

Нередко в хозяйстве возникает и необходимость балансирования корма, поскольку имеющиеся добавки промышленного изготовления не всегда удовлетворяют потребности обслуживаемого поголовья животных. И наличие в технологической схеме внутривладельческого предприятия оборудования, позволяющего осуществить эту операцию, весьма характерный признак завершенности его технологического процесса [3–5].

Вместе с тем следует отметить, что никакие особенности специфики хозяйства и его сырьевой базы не должны нарушать принципов неукоснительного соблюдения нормативных требований к обеспеченности рационов обменной энергией, сухим веществом и другими питательными веществами.

В технологическом процессе подготовки любого компонента комбикорма можно выделить основные операции, собственно и обеспечивающие необходимые изменения исходных свойств компонентов и качественные показатели приготавливаемого корма либо позволяющие получить в процессе обработки заданные свойства отдельных компонентов. Это, прежде всего, операции, гарантирующие требуемые гранулометрический состав обрабатываемого компонента, точность дозирования компонентов и однородность получаемой кормосмеси.

Для интенсификации процесса смешивания, в частности, для применения в составе комплекта оборудования КОБК-1,5, сотрудниками лаборатории механизации процессов производства молока и говядины РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработан и запатентован смеситель кормов.

Полезная модель относится к смесителям для сыпучих материалов, в частности, к горизонтальным смесителям периодического действия для приготовления комбикормов в сельскохозяйственном производстве.

В качестве одного из аналогов рассмотрен лопастной смеситель для сыпучих материалов [6]. Он содержит опорную раму, ванну с загрузочными устройствами, вал с лопастями, выполненными из размещенных в перпендикулярных друг другу плоскостях центральных и периферийных пластин, закрепленных по винтовой линии на кронштейнах. Также снабжен дополнительными перемешивающими элементами, выполненными в виде спирали Архимеда. Данные спирали расположены между лопастями и дополнительными пластинами, установленными над периферийными пластинами в плоскости центральных пластин. Лопасты и перемешивающие элементы установлены на валу чередующимися группами.

Недостатком такого устройства является сложность конструкции. Как следствие, лопасти создают дополнительное сопротивление, что приводит к увеличению энергозатрат и необходимости установки двигателя большей мощности.

В качестве следующего аналога рассмотрен смеситель для сыпучих материалов [7], содержащий корпус и вал с закрепленными на кронштейнах лопастями. Крайние лопасти выполнены в виде конической поверхности второго порядка, выгнутой в сторону движения, а средние лопасти выполнены из симметрично соединенных под острым углом конических поверхностей второго порядка и разбиты по количеству на две равновеликие группы, расположенные так, что симметричные по группам лопасти взаимно перпендикулярны, а соседние группы лопастей смещены на угол 360° .

Недостатком данного устройства является громоздкость и сложность лопастей, которые выполняются в виде поверхностей второго порядка и загромождают объем смесительной камеры, что влечет к уменьшению полезного объема смесителя, увеличению удельного сопротивления лопастей и потребной мощности в процессе смешивания.

Также рассмотрен смеситель комбикормов [8], который содержит привод, загрузочную и разгрузочную горловины, горизонтальный корытообразный корпус, по оси которого установлен вал с закрепленными на нем четырьмя стойками через 90° в горизонтальной плоскости. На стойках установлены одинаковые по размерам основные лопасти, размещенные попарно относительно середины горизонтального корытообразного корпуса. Левая пара лопастей установлена противоположно правой относительно горизонтальной оси вала. На средних стойках на расстоянии, равном середине лопасти, закреплены дополнительные лопасти с противоположными углами установки относительно горизонтальной оси вала основных лопастей. На средних стойках над основными лопастями установлена пластина, длина которой равна четверти длины окружности цилиндрической части корпуса, а ширина составляет $2/3$ от расстояния между крайними стойками.

Недостатком такого устройства является большая металлоемкость и уменьшение полезного объема за счет использования пластины – «противореза».

В качестве прототипа был выбран смеситель комбикормов [9], наиболее близкий к предложенному нами техническому решению. Он включает горизонтальный корытообразный корпус, по оси которого установлен вал, на котором закреплены четыре стойки через 90° . В горизонтальной плоскости на валу установлены лопасти, размещенные попарно относительно середины корпуса, причем левая пара лопастей имеет углы установки относительно горизонтальной оси противоположные углам установки правой пары лопастей и направленные от боковых стенок корпуса к середине.

Недостатками устройства являются неравномерное распределение материала по поверхности, так как выносимый на поверхность материал за счет усилий, создаваемых основными лопастями обеих групп перемещается в середину корпуса, при этом образуется горка материала, состоящая из частиц различного размера, приводящая к разделению (сегрегации) зерновых частиц за счет скатывания, а боковые стенки корпуса остаются незаполненными, что приводит к недогрузке крайних лопастей и повышенным нагрузкам на средние лопасти.

На основании проведенных патентных исследований, поиска аналогов и прототипа был разработан смеситель комбикормов. Задачей данного смесителя является снижение энерго-металлоемкости, а также интенсификация процесса смешивания.

Решение поставленной задачи достигается тем, что в предлагаемом смесителе комбикормов, содержащем привод, загрузочное окно и выгрузную горловину, а также горизонтальный корытообразный корпус, на валу закреплены пять пар стоек через 90° с равным шагом в горизонтальной плоскости. Лопатки закреплены с противоположными углами установки, равными $30\text{--}35^\circ$ относительно горизонтальной оси вала, что обеспечивает равномерное растягивание поступающей в смеситель массы.

К вершинам стоек с помощью болтового соединения прикреплены четыре пары мешалок в виде лент, изогнутых по спирали, начинающихся с торцов корпуса смесителя. Мешалки снабжены резиновыми элементами, служащими для уменьшения зазора между мешалкой и корпусом. На рис. 1 изображена модель разработанного смесителя комбикормов.

Смеситель комбикормов в соответствии с рис. 1 состоит из рамы 1, горизонтального корытообразного корпуса 2, по оси которого установлен вал 3 с закрепленными на нем стойками 4 с лопатками 5 и мешалками 6, снабженными резиновыми элементами 7, загрузочного окна 8, выгрузной горловины 9 и привода 10.

Предлагаемый смеситель комбикормов работает следующим образом: материал, подлежащий смешиванию, загружают через загрузочное окно 8

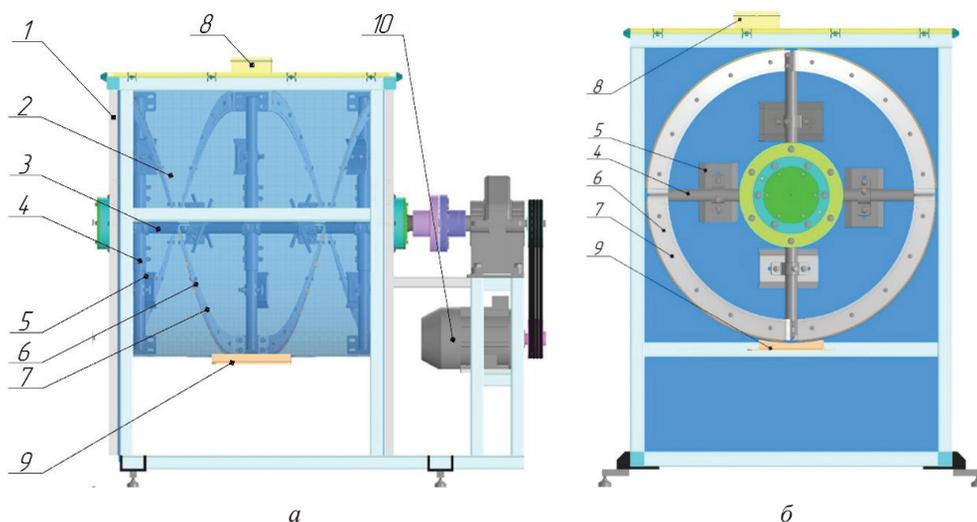


Рис. 1. Смеситель комбикормов: *а* – общий вид; *б* – в разрезе; 1 – рама; 2 – корытообразный корпус; 3 – вал; 4 – стойка; 5 – лопатка; 6 – мешалка; 7 – резиновый элемент; 8 – загрузочное окно; 9 – выгрузная горловина; 10 – привод

в смеситель комбикормов, работающий от привода 10. Вал 3 смесителя вращает стойки 4 с лопатками 5 и мешалками 6, которые распределяют материал внутри горизонтального корытообразного корпуса 2, а также производят его смешивание в осевом и радиальном направлениях, при этом происходит интенсивное смешивание материала. Выгрузка готовой смеси происходит при работающем смесителе через выгрузную горловину 9.

Заключение

Преимущества предлагаемой полезной модели состоит в том, что:

- на валу закреплены пять пар стоек через 90° с равным шагом в горизонтальной плоскости, на которых на расстоянии $r/2$, где r – радиус наиболее удаленной точки стойки, закреплены одинаковые по размерам лопатки с противоположными углами установки, равными 30° – 35° относительно горизонтальной оси вала. К вершинам стоек прикреплены четыре пары мешалок в виде лент, изогнутых по спирали, что позволяет обеспечить снижение энергоемкости, а также интенсификацию процесса смешивания;
- мешалки снабжены резиновыми элементами, служащими для уменьшения зазора между мешалкой и корпусом, что способствует более быстрому приготовлению комбикормов и очищению корпуса смесителя при выгрузке.

Список использованных источников

1. Передня, В. И. Исследование процесса переработки зернобобовых компонентов в легкоусвояемые корма телятам молочного периода / В. И. Передня, А. В. Китун,

А. А. Романович // Передовые технологии и техническое обеспечение сельскохозяйственного производства : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 30–31 марта 2017 г. – Минск : БГАТУ. – 2017. – С. 199–204.

2. Передня, В. И. Малоэнергоёмкая технология приготовления и скармливания кормов крупному рогатому скоту / В. И. Передня, О. Б. Жандаренко, Ю. А. Башко // Агронарама. – 1997. – № 3. – С. 23–24.

3. Черкасов, Р. И. Интенсификация процесса смешивания сыпучих кормов порционным вертикальным шнековым смесителем : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Р. И. Черкасов ; Дон. гос. техн. ун-т. – Ростов н/Д, 2017. – 18 с.

4. Черкасов, Р. И. Выбор оборудования для смешивания сыпучих материалов / Р. И. Черкасов // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Проблемы и перспективы современной науки»: сб. науч. тр. – Ставрополь. – 2015. – С.153–158.

5. Оценка качества смешивания сыпучих материалов с различным размером фракций / В. В. Воронин [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2. – 169 с.

6. Лопастной смеситель : полез. модель SU 1126317 / Н. С. Фещенко, В. С. Вавилин, В. Э. Кирзнер. – Опубл. 30.11.1984.

7. Смеситель : полез. модель SU 816526 / В. И. Лутыка, Б. Н. Штанов, В. А. Пугачев, Е. И. Скуратов. – Опубл. 30.03.1981.

8. Смеситель комбикормов : полез. модель ВУ 4146 / А. Д. Селезнев, В. И. Хруцкий, А. В. Гришков, Н. Н. Таранко. – Опубл. 28.02.2008.

9. Смеситель комбикормов : полез. модель ВУ 1848 / А. Д. Селезнев, Л. Ф. Минько, Е. А. Селезнева. – Опубл. 30.03.2005.

И. Н. Носырев¹, А. Г. Савчиц², М. М. Татур³, Д. Ю. Перцев³

¹ ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси»

Минск, Республика Беларусь

E-mail: nosureviluha@mail.ru

² ОАО «МАЗ» – управляющая компания холдинга «БЕЛАВТОМАЗ»

Минск, Республика Беларусь

E-mail: savchits@maz.by

³ Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Минск, Республика Беларусь

E-mail: tatur@bsuir.by, pertsev@bsuir.by

ОТКРЫТАЯ АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНОЙ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ПЛАТФОРМЫ: ОТ ОНТОЛОГИИ К ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕШЕНИЮ

Аннотация. Рассмотрены подходы к проектированию и построению открытых архитектур, проблемы, возникающие при выполнении системного проектирования. Предложена распределенная система управления грузового электромобиля как элемент открытой архитектуры.

Ключевые слова: открытая архитектура, система управления грузового транспорта, системное проектирование.

I. N. Nosarau¹, A. G. Savchits², M. M. Tatur³, D. Yu. Pertsau³

¹ SSI “The Joint Institute of Mechanical Engineering

of the National Academy of Sciences of Belarus”

Minsk, Belarus

E-mail: nosureviluha@mail.ru

² OJSC “MAZ – the Management Company of the BELAVTOMAZ Holding”

Minsk, Belarus

E-mail: savchits@maz.by

³ Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics

Minsk, Belarus

E-mail: tatur@bsuir.by, pertsev@bsuir.by

OPEN ARCHITECTURE OF THE CONTROL SYSTEM OF A MOBILE ROBOTIC PLATFORM: FROM ONTOLOGY TO TECHNICAL SOLUTION

Abstract. Approaches to the design and construction of open architectures and problems that arise when performing system design are considered. A distributed control system for an electric cargo vehicle is proposed as an element of an open architecture.

Keywords: open architecture, freight transport control system, system design.

Введение

Прежде чем говорить об «открытой архитектуре», давайте уточним понятие «архитектура», с которого и начнем исследование. Архитектура вычислительной машины (Computer architecture) в ГОСТ 15971-90 определена как концептуальная структура, определяющая проведение обработки информации и принципы взаимодействия технических средств и программного обеспечения. Таким образом, в настоящей работе будем считать, что архитектура – наиболее общая категория вычислительной системы, включающая (или предопределяющая) функциональное, структурное, информационное, алгоритмическое, аппаратное и программное содержание.

Разработка архитектуры вычислительной системы является верхним, самым ответственным этапом проектирования и выполняется наиболее квалифицированными специалистами – системными архитекторами. Общепринятой методологией системного проектирования выступает разработка спецификации функций (функционала в общем смысле или функциональной схемы в частности) с последующей структурной, алгоритмической, а затем – программно-аппаратной реализацией (рис. 1) [1]. Именно на этапе системного проектирования от того, как задумана и спроектирована архитектура, в основном определяются технико-эксплуатационные, экономические характеристики и ограничения будущего технического решения.

Архитектура может быть формально описана в виде графической мнемоники, алгоритмически или даже программным кодом. Например, известны типовые архитектуры персональных компьютеров семейства x86, микроконтроллеров или определенного семейства FPGA, архитектура конкретной нейросети, клиент-серверная архитектура, архитектура конкретного программного комплекса и т. п.

Под открытой архитектурой понимают формальное представление программно-аппаратного вычислительного комплекса, позволяющее добавлять и/или модифицировать функционал системы. Свойство открытости архитектуры обычно связывают с использованием технических решений с открытым стандартом либо опубликованным описанием. Так, компьютеры с открытой аппаратной архитектурой могут содержать множество стандартизованных слотов расширения, позволяющих сторонним производителям оборудования создавать устройства, а пользователям свободно устанавливать их, создавая оригинальные конфигурации. Аналогично, открытая программная архитектура позволяет добавлять дополнительные программные модули к базовому ПО или модифицировать существующие. Открытые API (Application Program Interface) являются инструментом изменения или расширения базовой функциональности программных продуктов. Также программная архитектура может считаться открытой, когда обмен сообщениями между программными модулями имеет стандартную структуру, формат данных и т. п.

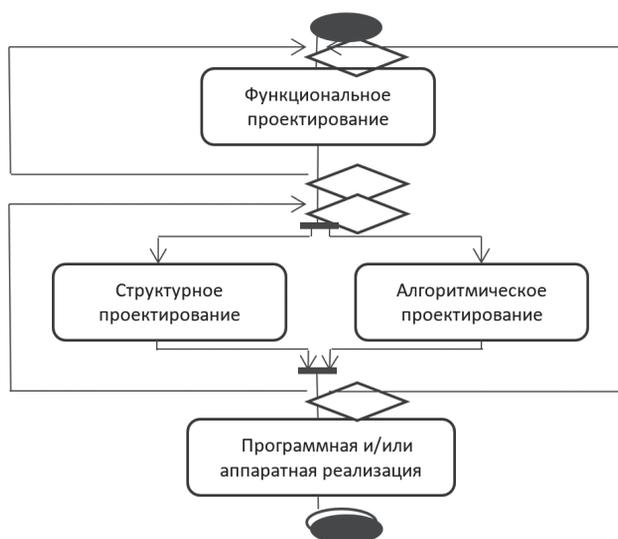


Рис. 1. Взаимосвязь этапов системного проектирования и программно-аппаратной реализации вычислительного комплекса

1. Примеры открытых архитектур глобального уровня

Одна из первых версий архитектуры *Future Avionics Capability Environment (FACE)* [2] была спроектирована в 2010 г. и поддерживается консорциумом The Open Group. Архитектура предназначена для разработки и сопровождения программного обеспечения реального времени для авионики всех типов военных воздушных платформ. Сегодня в Open Group входят поставщики, заказчики, научные круги и пользователи.

Эталонная архитектура FACE состоит из 5 логических сегментов (рис. 2), функционал и интерфейс взаимодействия между которыми строго регламентирован:

- сегмент операционной системы (OSS);
- сегмент служб ввода/вывода (IOSS), используемый для предоставления единого интерфейса для получения информации от аппаратного обеспечения, выпускаемого различными производителями;
- сегмент служб, специфичных для платформы (PSSS), включает сервисы жизнеобеспечения и конфигурации, которые применяются почти в каждой летающей системе;
- сегмент транспортных служб (TSS), на котором определен стандарт взаимодействия (например, DDS [3], CORBA [4]), которые обеспечивают обмен информацией, не зависящий от местоположения, аппаратной платформы, языка программирования или операционной системы (например, применение протоколов TCP/IP, UDP/IP, QoS, SSL/TLS и т. п.);

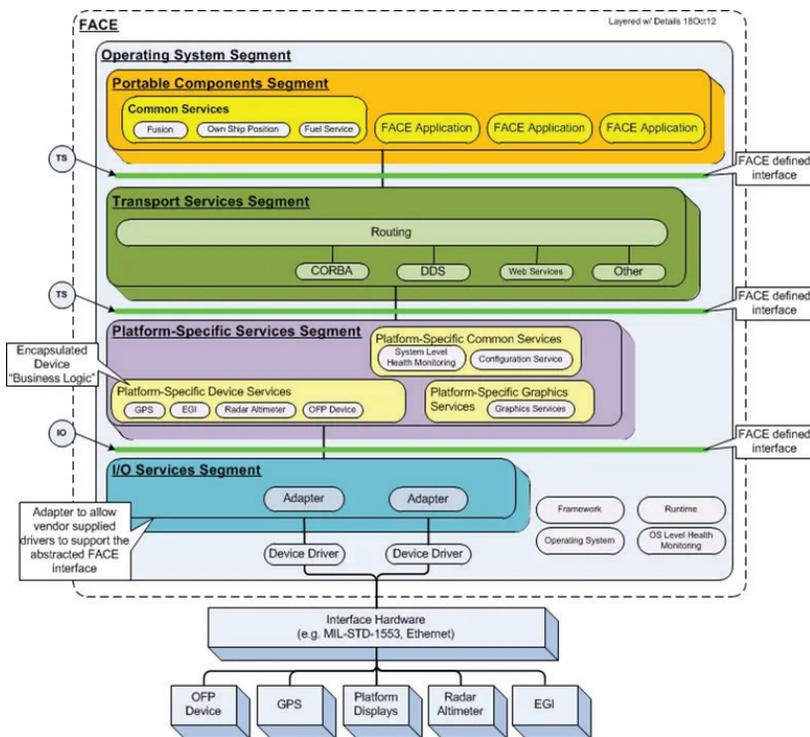


Рис. 2. Эталонная архитектура FACE

– сегмент переносных компонентов (PCS), который определяет прикладное программное обеспечение (например, управление положением самолета, управление топливом или радиолокационной информацией).

Для сегмента операционной системы определены три профиля, в которых адаптируются интерфейсы прикладного программирования (API) операционной системы, языки программирования, возможности языков программирования, режимы выполнения, фреймворки и графические возможности для удовлетворения требований к программным компонентам различного уровня критичности (т. е. по сути определяют уровень безопасности, которому должна удовлетворять разрабатываемая архитектура):

- Security, который ограничивает API-интерфейсы ОС минимальным набором полезных функций, позволяя оценивать функции безопасности с высокой степенью надежности, выполняемые как отдельный процесс;
- Safety, который ограничивает API ОС теми, которые имеют сертификацию безопасности;
- General Purpose, который поддерживает API ОС, отвечающие детерминированным требованиям реального времени или недетерминированным требованиям нереального времени, в зависимости от реализации системы или подсистемы.

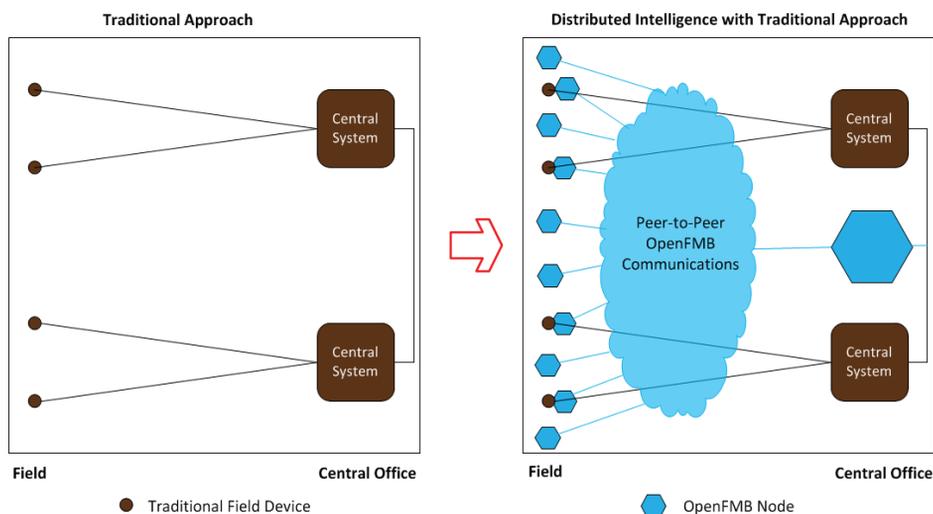


Рис. 3. Эталонная архитектура Open FMB

Open Field Message Bus (OpenFMB) [5] является развитием протоколов взаимодействия с системами мониторинга, установленными на конечных устройствах (например, на линиях электропередач, трансформаторных подстанциях, жилых домах), независимо от производителя оборудования, и связана с поэтапным переходом на 5G сети и базовой обработкой информации на местах (так называемый Edge Computing).

OpenFMB – это эталонная архитектура для взаимодействия с общей моделью данных, основанной на стандартах IEC 61968/61970 (CIM) и IEC 61850 (рис. 3). Разработана коалицией и определена в UML с помощью Enterprise Architect, что обеспечивает независимость от языка программирования и технологии. В коалицию входят лидеры отрасли, национальные лаборатории, независимые поставщики программного и аппаратного обеспечения.

Архитектура обеспечивает одноранговую связь в гетерогенной экосистеме поставщиков, устройств и программного обеспечения (рис. 4). В практических реализациях взаимодействие осуществляется с помощью XMI или языка определения интерфейсов (IDL) с использованием подхода платформонезависимого моделирования.

AUTomotive Open System ARchitecture (AUTOSAR) [6] возникло в 2003 году в результате партнерства заинтересованных в развитии автомобилестроения сторон (Bavarian Motor Works (BMW), Robert Bosch GmbH, Continental AG, Daimler AG, Siemens VDO и Volkswagen). Целью является создание и внедрение открытой и стандартизированной архитектуры программного обеспечения для автомобильных электронных блоков управления. Спецификация описывает подходы к масштабируемости на различные варианты

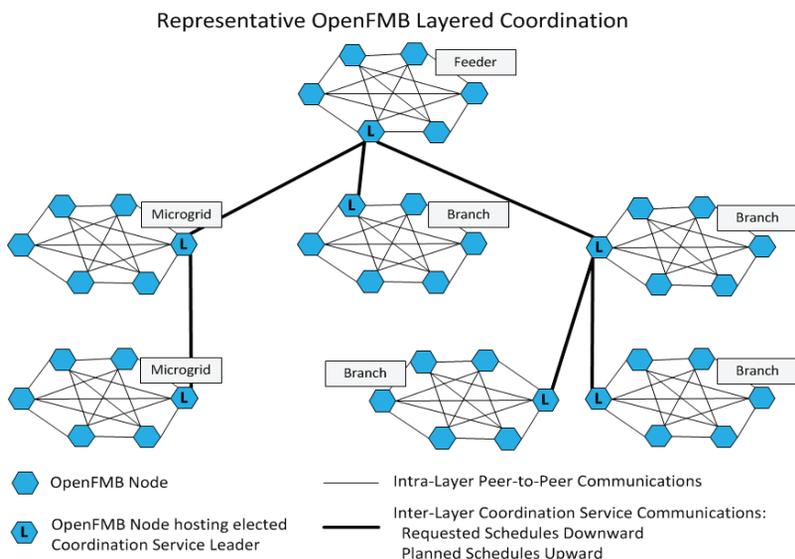


Рис. 4. Многоуровневое взаимодействие в архитектуре OpenFMB

транспортных средств и платформ, переносимость программного обеспечения, учет требований доступности и безопасности.

Спецификация включает в себя описание базовых программных модулей, определяет интерфейсы приложений и формирует общую методологию разработки на основе стандартизированного формата обмена. Базовые программные модули, доступные благодаря многоуровневой программной архитектуре AUTOSAR, могут использоваться в автомобилях разных производителей и электронных компонентах разных поставщиков, что позволяет сократить расходы на исследования и разработки.

AUTOSAR использует трехслойную архитектуру (рис. 5):

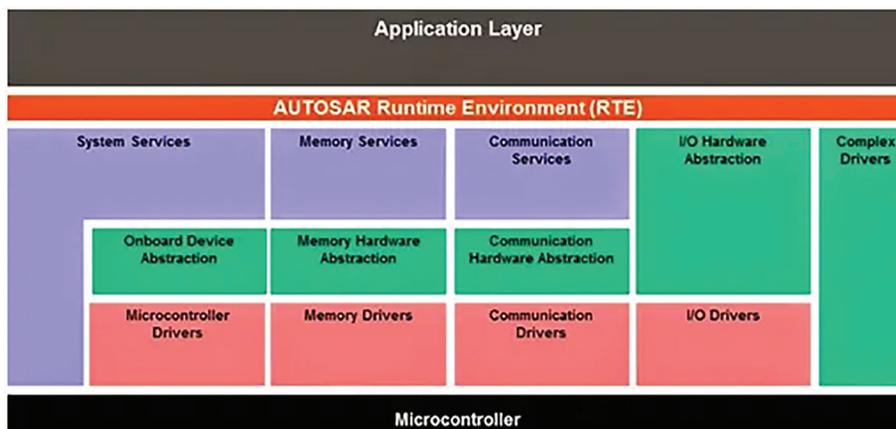


Рис. 5. Архитектура AUTOSAR

– базовое программное обеспечение: стандартизированные программные модули, не имеющие явного автомобильного назначения, но предоставляющие услуги, необходимые для запуска функциональной части верхнего программного слоя. Включает три уровня: услуги (управление обновлениями и конфигурациями, управление состоянием, управление сетью, диагностика), абстракцию электронного блока управления (ECU), абстракцию микроконтроллера;

– среда выполнения (RTE): промежуточное программное обеспечение, абстрагирующееся от топологии сети для обмена информацией между компонентами прикладного программного обеспечения и между базовым программным обеспечением и приложениями. Состоит из множества сервисов, разделенных на функциональные группы и представляющие инфраструктуру для системных, запоминающих и коммуникационных блоков;

– прикладной уровень: компоненты прикладного программного обеспечения, которые взаимодействуют со средой выполнения.

Как видно из приведенных примеров открытых архитектур, единого стиля, проформы, дизайна и правил их представления нет, однако общим является стремление отразить основные, концептуальные информационные и структурные принципы построения соответствующих информационных (вычислительных) систем.

2. Открытые архитектуры в контексте системного проектирования вычислительных систем

Как следует из рис. 1, системное проектирование включает функциональное, структурное и алгоритмическое проектирование. Функционал системы представляется в виде набора взаимодействующих между собой функций (или функциональных блоков, модулей), а каждая из функций должна быть раскрыта или реализована алгоритмически. Для обеспечения открытости архитектуры на системном уровне известны два альтернативных подхода.

Первый – централизованный (монолитный). В данном случае для обеспечения взаимодействия функциональных блоков создается супервизор (ядро), которое несет в себе глобальный функционал системы и обеспечивает совместную работу всех функциональных блоков для достижения общей цели. Доступ к функционалу осуществляется с помощью единого API (на рис. 6 выделен желтым). Тогда в случае добавления новых функций или модификации системных связей между функциями необходимо корректировать ядро системы, т. е. вносить существенные изменения в систему, которые при этом могут быть скрыты от пользователей API.

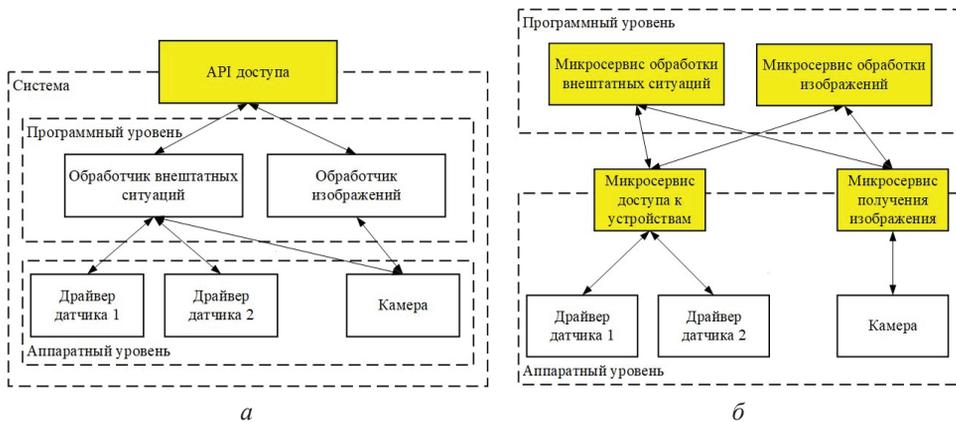


Рис. 6. Альтернативные подходы для обеспечения открытости архитектур:
 а – централизованный (монолитный); б – децентрализованный (микросервисный)

Второй – децентрализованный (микросервисный). В данном случае функциональные блоки представляются как достаточно самостоятельные сущности (агенты), взаимодействующие с внешней средой, а общий результат работы системы определяется не общим детерминированным алгоритмом, а эффектом от взаимодействия агентов со средой (рис. 6). Подобные системы иногда называют агентными. При этом с одной стороны все агенты (сервисы) могут взаимодействовать между собой, а с другой – внешняя среда может взаимодействовать с сервисами, к которым был открыт доступ извне. Их отличительные свойства – адаптивность (интеллектуальность) к внешним условиям, возможность работать в динамической неструктурированной среде. Например, агентный подход может быть применен при системном проектировании нейросетей с функцией обучения с подкреплением, семантических сетей, системы управления и безопасности робототехнических комплексов и др.

Как для централизованного, так и для децентрализованного подходов к организации архитектуры добавление и/или модификация функционала может осуществляться следующими способами: масштабированием, заменой реализации функции и опциональным добавлением новой функции.

Схематично названные способы наращивания и модификации функционала системы поясним на примере рис. 7. Пусть система состоит из четырех функциональных блоков, Ф1 – функция технического зрения, Ф2 – функция внешнего управления, Ф3 – функция автопилота, Ф4 – функция позиционирования (рис. 7, а).

Масштабирование – «горизонтальное» наращивание имеющихся компонентов (программных и/или аппаратных), аналогичных или идентичных к уже действующим. При этом архитектура должна поддерживать такое наращивание как программно (в т. ч. информационно, алгоритмически),

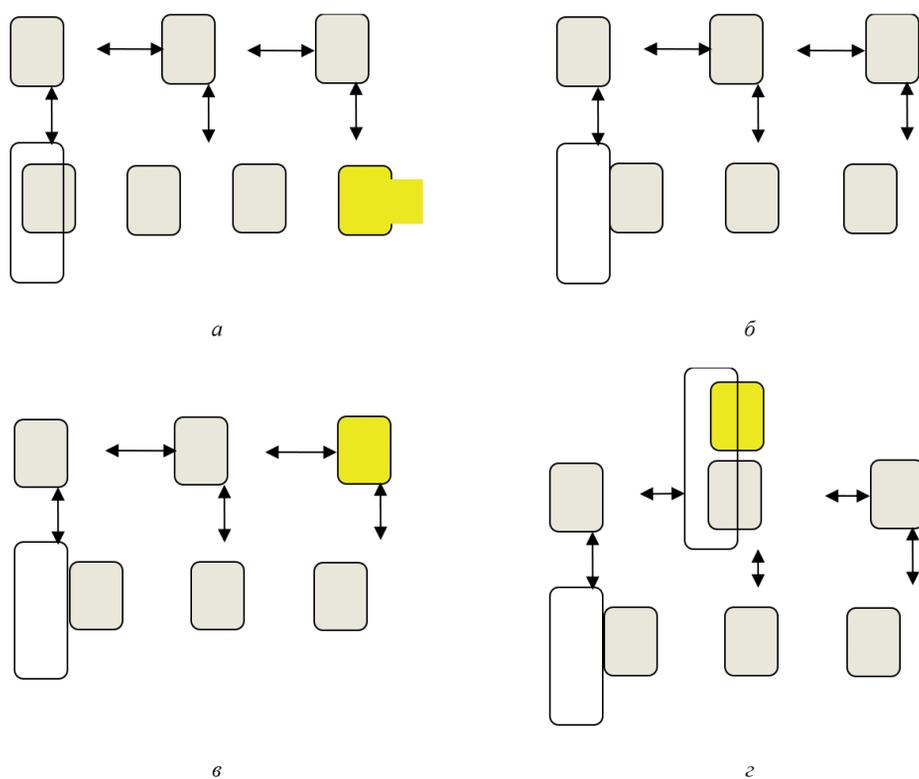


Рис. 7. Способы наращивания и модификации функционала системы:
a – исходный функционал; *б* – масштабирование функции; *в* – замена функции;
г – добавление функции

так и аппаратно (в т. ч. конструктивно). Например, если функция технического зрения Ф1 обеспечивает получение и обработку изображений от 3 камер, тогда масштабирование функции Ф1 будет состоять в дополнении еще одной или нескольких камер (рис. 7, б).

Замена реализации функции – удаление действующей и внесение на ее место новой. При этом может меняться алгоритмическая, программная и аппаратная реализация функции, технические параметры (точность, быстродействие и т. п.), однако информационно и конструктивно замена функции должна вписываться в действующую архитектуру. Например, если функция позиционирования мобильной платформы Ф4 обеспечивает определение координат в заданной системе, возможно, с учетом информации с подсистемы технического зрения, тогда замена функции Ф4 на функцию Ф4* с полным сохранением информационного (электрического, конструктивного) интерфейса будет для системы «незаметной, скрытой», при этом технические, эксплуатационные, экономические параметры системы могут быть улучшены (рис. 7, в).

Добавление функции – расширение функциональных возможностей системы за счет опционального добавления новой функции в дополнение к действующей. При этом архитектура должна поддерживать такое дополнение, а объем системных доработок, связанных с дополнением новой функции, характеризует уровень открытости архитектуры. Например, если функция автопилота ФЗ предусматривает некоторый (один) вариант управления, тогда возможно добавление альтернативной функции управления ФЗ*, которая будет включаться в работу в зависимости от внешних условий (рис. 7, з).

Несложно заметить, что приведенные способы, которыми разработчик может менять функционал системы, различаются по гибкости. Так, замена реализации функции (б) не требует системных изменений, а масштабирование (б) и добавление функций (з) могут быть связаны с системными доработками. То есть понятие открытости архитектуры относительно, а степень свободы в модификации функционала системы определяется (или ограничена) архитектурными особенностями системы.

3. Открытые архитектуры в контексте программно-аппаратной реализации вычислительных систем

В общем виде система может быть представлена композицией устройств (компонент) и интерфейсов, которые, в свою очередь, могут быть реализованы как программно, так и аппаратно (рис. 8).

Системный уровень описывает порядок и правила обеспечения взаимодействия отдельных подсистем (устройств, компонентов) и интерфейсов, направленных на выполнение всех функций, предусмотренных конструкцией транспортного средства. В качестве примера рассмотрим распределенную архитектуру системы управления бортовой электроникой грузового электромобиля МАЗ 4381ЕЕ (рис. 9). Эта архитектура с определенными модификациями может быть выбрана за основу для построения системы управления роботизированной мобильной платформой на базе МАЗ.

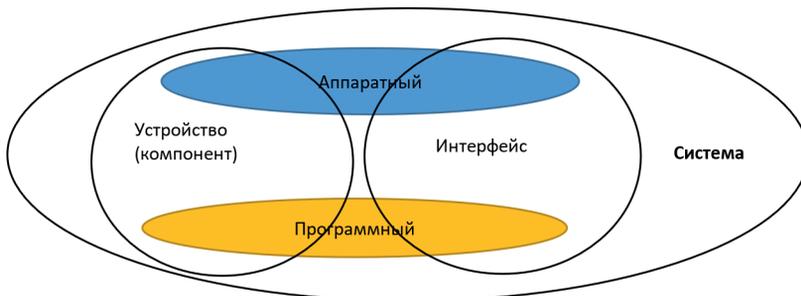


Рис. 8. Мнемосхема уровней представления (описания) системы

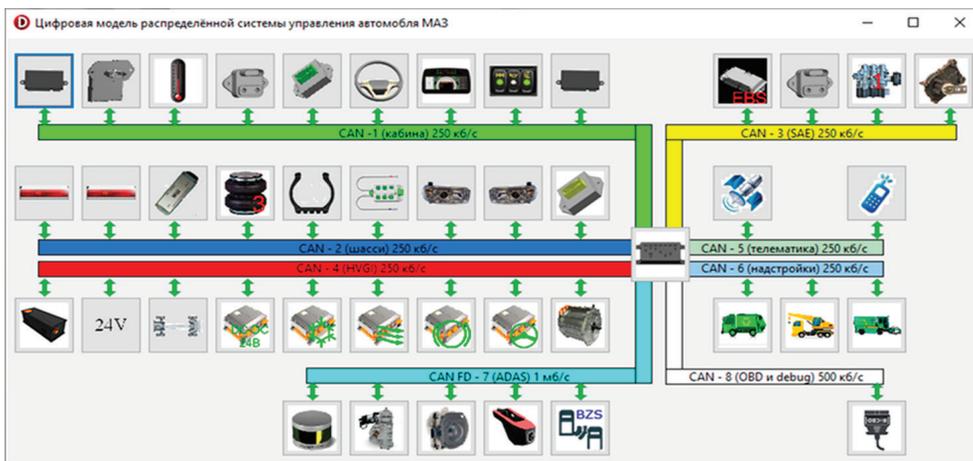


Рис. 9. Структурная схема распределенной системы управления грузового электромобиля



Рис. 10. Внешний вид платы Orange Pi5 с NPU с описанием

CPU 8-core 64 core architecture,
 4* Cortex-A76 + 4* Cortex-A55
 GPU ARM Mali-G610
 NPU 6Tops AI computing power
 Support INT4/INT8/INT16 hybrid computing,
 empowering various AI scenarios
 1000Mbps Ethernet
 Interfaces: UART, PWM, I2C, SPI,
 CAN and GPIO.
 Supported OS: Ubuntu + ROS

В качестве компонентов системы выступают подсистемы управления электродвигателем, батареей, тормозами, а также различные электроприводы, датчики, светотехника и др. Структурирование и взаимодействие подсистем и компонентов обеспечивается за счет интерфейсов. Наиболее распространенными интерфейсами на транспортных средствах являются CAN-bus, LIN, FlexRay, Ethernet. Указанные интерфейсы должны соответствовать ряду критериев как на физическом, так и на программном уровнях, что обеспечивает подключение различных периферийных устройств, удовлетворяющих принятым стандартам обмена. В качестве центрального процессора может быть использован любой встраиваемый компьютер с универсальной архитектурой и операционной системой реального времени, вычислительная мощность которого обеспечит реализацию алгоритмов управления, а интерфейсы – связь с компонентами. Например, одноплатный компьютер Orange Pi5 с NPU (рис. 10).

Для аппаратной реализации компонентов и интерфейсов применяются микроконтроллеры и прочие как активные, так и пассивные электронные приборы класса Automotive. Это особая группа элементной базы с гарантированным высоким уровнем надежности с жесткими эксплуатационными требованиями по температуре, вибрации, пыле- и влагозащитности, электромагнитной совместимости и пр. Кроме того, в этом классе существуют компоненты категорий ASIL (Automotive Safety Integrity Level) с различными уровнями полноты автомобильной безопасности. ASIL – это схема уровней рисков, определенная стандартом ГОСТ Р 26262 (ISO 26262) [7], которая помогает установить требования безопасности путем анализа сценариев потери управляемости транспортного средства и возможных последствий.

Открытая архитектура программного обеспечения должна предусматривать взаимодействие всех компонентов программного обеспечения (методов, подпрограмм-функций) в общей структуре и содержать описание интерфейсов между всеми компонентами программного обеспечения, последовательность выполнения процессов, зависимость выполнения процессов в реальном времени. Наиболее распространенными платформами, на которых строятся системы управления робототехнических комплексов, являются:

- MSRDS10, Microsoft Robotics Developer Studio, Microsoft, U.S.;
- ERSP11, Evolution Robotics Software Platform, Evolution Robotics, Europe;
- ROS, Robot Operating System, Open Robotics¹², U.S. (далее ROS);
- OpenRTM, National Institute of Adv. Industrial Science and Technology (AIST), Japan;
- OROCOS, Europe;
- OPRoS, ETRI, KIST, KITECH, Kangwon National University, South Korea.

Наиболее популярным из представленных вариантов и неофициальным стандартом в робототехнических системах с открытым исходным кодом является ROS. Она имеет наибольшее сообщество разработчиков, широкую линейку уже разработанных модулей и достаточно подробную документацию.

В целом открытая архитектура программного обеспечения обеспечивает:

- возможность разработки и модификации отдельных программных модулей;
- конфигурацию программного обеспечения (внесение доработок верхнего, системного уровня);
- тестируемость программного обеспечения на всех уровнях;
- удобство сопровождения проекта архитектуры программного обеспечения.

Заключение

Система управления мобильной роботизированной платформы является сложным по своей сути объектом проектирования по следующим причинам.

Механическая часть (несущее шасси) может иметь различные способы привода, двигателей, руления, различные массогабаритные характеристики, различные агрегаты навесного оборудования, что в целом обуславливает ее целевое применение. Поскольку эта сфера машиностроения только начинает развиваться, то требования по унификации и стандартизации мобильных роботизированных платформ еще не сформировались. Как следствие, при разработке системы управления мобильной платформой необходимо в полном объеме выполнять полный цикл системного (функционального, структурного и алгоритмического проектирования). Очевидно, это связано с высокой трудоемкостью и затратами на проектирование. Одним из подходов для повышения эффективности разработки на данном этапе является модельно-ориентированное проектирование [8, 9].

Проведенный анализ существующих открытых архитектур, практический опыт реализации отдельных мобильных роботизированных платформ позволяет сформулировать некоторые рекомендации по выбору архитектуры программно-аппаратного обеспечения системы управления, составу оборудования, используемым интерфейсам.

Мехатроника является «связующим звеном» механической части мобильного робота с программно-аппаратным обеспечением мобильной платформы. В большинстве случаев датчики и исполнительные устройства стандартизированы по электрическим характеристикам и информационным протоколам. Современные автомобили и тем более мобильные роботизированные платформы имеют сотни мехатронных компонентов, управление которыми невозможно без применения бортовых сетевых коммутационных интерфейсов. В машиностроении приоритет отдан CAN-шине, посредством которой обеспечивается распределенное управление периферийными устройствами [10].

Вычислительным ядром системы управления (по крайней мере, для этапа прототипирования) может стать встраиваемый компьютер с операционной системой Linux (Ubuntu) под управлением фреймворка ROS. Это позволит с небольшими трудозатратами осуществлять подключение сенсоров системы навигации (GPS-приемников, камер, лидаров, радаров, сонаров), а также в реальном времени управлять периферийными устройствами посредством автопилота. Необходимым компонентом любой мобильной роботизированной платформы являются средства связи, обеспечивающие удаленный доступ к роботу для мониторинга и директивного управления.

Список использованных источников

1. Новиков, Ф. А. Моделирование на UML / Ф. А. Новиков, Д. Ю. Иванов. – СПб. : «Профлит», 2010. – 640 с.
2. Open Group FACE® Consortium [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.opengroup.org/face>. – Дата доступа: 01.03.2024.
3. Data Distribution Service [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.omg.org/spec/DDS>. – Дата доступа: 01.03.2024.
4. Common Object Request Broker Architecture [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.corba.org>. – Дата доступа: 01.03.2024.
5. OpenFMB.io [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://openfmb.gitlab.io>. – Дата доступа: 01.03.2024.
6. Automotive Open System Architecture [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.autosar.org>. – Дата доступа: 01.03.2024.
7. What is the ISO 26262 Functional Safety Standard? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ni.com/white-paper/13647/en/#toc2>. – Дата доступа: 01.03.2024.
8. ЦИТМ Экспонента [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.exponenta.ru. – Дата доступа: 01.03.2024.
9. Татур, М. М. Методика модельно-ориентированного проектирования алгоритмов управления мобильными роботами = Methodology for Model-Based Design of Mobile Robots Control Algorithms / М. М. Татур, Н. С. Игнатьюк, А. Д. Конигов // Доклады БГУИР. – 2024. – Т. 22, № 1. – С. 91–99.
10. Распределенная система управления бортовыми электронными устройствами: разработка и внедрение инновационной технологии / С. Н. Поддубко [и др.] // Новости науки и технологий. – 2023. – № 1 (64). – С. 14–24.

А. Н. Юрин, к. т. н., доцент, **В. В. Викторovich**

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

АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ ШИРОКОЗАХВАТНОЙ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРИРОДНО- ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Аннотация. В данной статье изложено состояние отрасли мелиорации и приведена актуальность разработки широкозахватных дождевальных машин для условий Беларуси.
Ключевые слова: температура, осадки, урожайность, орошение.

A. N. Jurin, PhD, Assoc. Prof., **V. V. Viktorovich**

*RUE "SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization"
Minsk, Republic of Belarus
E-mail: anton-jurin@rambler.ru, lab_plodoyagoda@mail.ru*

THE RELEVANCE OF THE DEVELOPMENT OF A WIDE-SCALE SPRINKLER INSTALLATION FOR NATURAL PRODUCTION CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF BELARUS

Abstract. This article outlines the state of the land reclamation industry and describes the relevance of the development of widespread irrigation machines for the conditions of Belarus.
Keywords: temperature, precipitation, productivity, irrigation.

Введение

Получение высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур с хорошими потребительскими качествами в открытом грунте в настоящее время стало проблематичным в связи с недостатком влаги в почве в течение вегетационного периода. По данным исследований, проведенных в Беларуси, дефицит влаги в корнеобитаемом слое растений за последние 10 лет составил 40–60 % оптимальной потребности. Без применения орошения это отрицательно сказывается на урожае и его качестве. Большинство же овощных культур интенсивного типа предъявляет повышенные требования к наличию влаги в корнеобитаемом слое почвы, т. к. при слаборазвитой корневой системе поверхностного типа они должны за короткий промежуток времени нарастить большую вегетативную массу, что возможно только при оптимальной влажности почвы за счет активного потребления минеральных веществ.

Основная часть

Исследование изменения климата Беларуси за период с 1881 по 2020 г. показало отчетливый рост температуры воздуха в последние 2–3 десятилетия. Изучение числа экстремальных явлений показывает тенденцию их увеличения с 1951 по 2020 г. – по сравнению с периодом с 1891 по 1950 г. В связи с этим наблюдается резкое снижение урожайности сельскохозяйственных культур в регионах, охваченных засухой.

В последние годы в летний период в Беларуси по всей территории страны отмечаются признаки тропического климата. А зимы в связи с этим тотальным потеплением стали приходить, как правило, к середине декабря и заканчиваться раньше на 2–3 недели. В процессе изменения климата наблюдается увеличение числа волн тепла. Необходимость промышленного орошения была подтверждена засухами 2007, 2010 и 2012 годов. Особенно ярко это продемонстрировало лето 2015 г., когда на протяжении продолжительного отрезка времени наблюдалась очень высокая температура, а, например, май 2023 г. был самым засушливым в Беларуси с 1945 г. За месяц в республике выпало 11,9 мм осадков, что составило 19 % климатической нормы.

В Париже (Франция) в декабре 2015 г. прошла Всемирная конференция ООН по климату. Участники конференции, в частности, заявили главную цель климатического процесса – не допустить подъема средней температуры на Земле к 2100 г. выше, чем на 2 градуса по Цельсию, что по сути подтверждает процесс глобального потепления. При этом, если к 2050 г. рост температуры превысит 5 °С, последствия изменения климата для Беларуси также будут негативными. Вероятно, будет ощущаться недостаток водных ресурсов, возможны другие последствия.

Также многочисленные научные исследования и производственные данные овощеводческих хозяйств убедительно говорят о том, что в засушливые годы орошение овощных культур дает высокую эффективность. По данным РУП «Институт мелиорации», РУП «Институт овощеводства» и УО «БГСХА» в условиях Беларуси при проведении орошения можно устойчиво получать среднемноголетние прибавки сбора овощей от орошения при средней окультуренности почвы и обычном агрофоне по северной зоне республики: капусты поздней – 100 ц/га, ранней – 60 ц/га; картофеля позднего – 45 ц/га, раннего – 30 ц/га; свеклы столовой – 80 ц/га; моркови – 80 ц/га. По южной зоне соответственно 140; 80; 60; 55; 100; 100 ц/га.

В засушливые годы биологический эффект от искусственного полива значительно выше. При этом орошение положительно сказывается и на качестве овощной продукции. При среднемноголетнем дефиците почвенной влаги 115 мм в районе Минска и 150 мм в районе Гомеля орошение капусты дает прибавку урожая от 135 до 176 ц/га соответственно, что в эквивален-

те приносит значительную дополнительную прибыль (в среднем от 5,9 до 7,6 тыс. у. е./га). За счет орошения с 1 га площади можно получать дополнительно моркови в среднем на 2,6 и 3,9 тыс. долл. США, а свеклы – на 2,2–3,5 тыс. долл. США. Это позволяет окупить оросительную технику за 1–2 года. Данный расчет ориентирован на среднесрочные и среднереспубликанские условия. Еще больший эффект от искусственного полива может быть получен на юге Беларуси, где в острозасушливый год (повторяемостью 1 раз в 10 лет) примерно вдвое возрастают дефициты почвенной влаги и во столько же раз увеличивается дополнительный доход (при высокоинтенсивном овощеводстве от 5–6 тыс. у. е./га для моркови и свеклы до 12–13 тыс. у. е./га для капусты).

В советский период на орошаемых землях республики поливная техника была представлена в основном широкозахватными дождевальными установками «Фрегат», «Днепр», «Волжанка», стационарными дальнеструйными аппаратами ДД-30. Они материалоемки, дорогостоящие и к настоящему времени в основном уже отслужили нормативный срок. Многие предприятия отказались от восстановления выходящих из строя оросительных систем: количество их в последние два десятилетия в республике существенно уменьшилось. Но с возрастанием спроса на применение орошения снова возник вопрос о целесообразности восстановления оросительных систем. Овощеводческие хозяйства стали самостоятельно закупать оросительную технику, традиционно ориентируясь на дождевание. А поскольку выбор такой техники достаточно широк, то в последние годы в Беларуси появились и другие типы подобных зарубежных установок. Особой популярностью пользуются барабанно-шланговые дождевальные устройства с повышенной мобильностью. Исследования научных учреждений показали, что они менее подвержены отказам и поломкам.

Для оснащения сельскохозяйственных предприятий страны оросительной техникой РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» ранее был разработан комплекс технических средств, позволяющих проводить орошение: установка дождевальная УД-2500, трубопровод разборный полевой ТРП-1200, станция дизель-насосная СДН-100/80, комплект оборудования капельного полива ККП-1, оборудование для гидроподкормки ОГД-50. Все машины успешно прошли государственные приемочные испытания и рекомендованы для постановки на производство.

В настоящее время в республике налажен серийный выпуск дождевальных машин барабанного типа, предназначенных в основном для мелкооварных предприятий с сезонной нагрузкой 25–35 га.

Так на РПДУП «Экспериментальный завод РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» произведена 21 установка УД-2500, а на ОАО «Гомельский радиозавод» произведено 74 дождевальных машины барабанного типа ПДМ-2500-350-90.



Рис. 1. Дождевальная машина кругового типа Centerstar 9000, фирмы Bauer

Также осуществлялась поставка дождевальных машин из-за рубежа. По состоянию на 01.01.2023 общее количество дождевальных машин в республике составляет 179 шт. (40 шт. в Брестской обл., 19 шт. – Витебской, 42 шт. – Гомельской, 43 шт. – Гродненской, 18 шт. – Минской, 17 шт. – Могилевской), которые могут обеспечить орошение не более 9 тыс. га, или 16 % от потребности.

Кроме этого, в рамках государственных научно-технических программ были разработаны и поставлены на производство разборный полевой трубопровод ТРП-1200, дизель-насосная станция СДН-100, гидроподкормщик ОГД-50, мобильное оборудование для полива садов и ягодников ОП-600, комплект оборудования капельного полива садов и ягодников с автоматизированной системой управления КАП-1, а также комплект капельного полива овощей открытого грунта ККП-1.

В то же время, учитывая мировую тенденцию развития оросительной техники, следует отметить, что в настоящее время наиболее перспективны широкозахватные дождевальные машины кругового и фронтального типа, обеспечивающие сезонную наработку 80–120 га и более. Ведущими мировыми производителями таких машин являются немецкие фирмы «Bauer» (Centerstar 9000 (рис. 1), Centerliner 9000), «Reinke Irrigation» (Alumigator, Minigator), а также «ZDM» (рис. 2) (Российская Федерация) [1–3]. Однако данная техника в Республике Беларусь не выпускается.

В соответствии с Программой обеспечения потребности республики овощной продукцией отечественного производства и государственной комплексной Программой развития картофелеводства, овощеводства и плодородства планируется осуществить специализацию и концентрацию производства овощей в зонах областных городов и промышленных центров на базе 50 высокорентабельных организаций (около 14 тыс. га). В одном таком



Рис. 2. Дождевальная машина кругового типа фирмы ZDM, РФ

хозяйстве необходимо иметь в среднем около 300 га орошаемых овощей. Кроме того, производство овощей в сельскохозяйственных организациях и крестьянских (фермерских) хозяйствах должно достигнуть 537 тыс. тонн. При сезонной нагрузке на одну широкозахватную дождевальную установку 70–140 га в хозяйстве потребуется 2–4 машины, а для Республики Беларусь около 200 шт.

Таким образом, разработка широкозахватной дождевальной машины для нужд республики является важной агроинженерной задачей.

Вывод

Анализ производственных и природно-климатических условий Беларуси показал актуальность создания и использования в стране широкозахватных дождевальных машин кругового и фронтального типа.

Список использованных источников

1. Каталог продукции фирмы Reinke [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.reinke.com/product-catalog.html>. – Дата доступа: 05.04.2024.
2. Круговые дождевальные машины ЗДМ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zdm-irrigation.ru/actions/krugovaya-400>. – Дата доступа: 05.04.2024.
3. Дождевальная машина Centerstar 9000 [Электронный ресурс]. – <https://portal.bauer-at.com/ru/products/irrigation/pivot-linear-systems/centerstar-9000>. – Дата доступа: 05.04.2024.

А. Н. Юрин, к. т. н., доцент, **А. А. Игнатчик**

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: anton-jurin@rambler.ru; lab_plodoyagoda@mail.ru

УСТРОЙСТВО И РАБОЧИЙ ПРОЦЕСС АГРЕГАТА ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОГО УДАЛЕНИЯ КРОНЫ ЯГОДНЫХ КУСТАРНИКОВ АУК-1

Аннотация. В статье поднята проблема снижения продуктивности насаждений ягодных кустарников за счет избыточного загущения кустов, представлен краткий обзор существующих технических средств для обрезки крон ягодных кустарников. Предложено решение данной проблемы, как одно из направлений увеличения объемов реализации продукции ягодоводства.

Ключевые слова: ягодные кустарники, смородина, крыжовник, срезка кроны кустарников, кусторез, агрегат, экспериментальный образец.

A. N. Yurin, PhD, Assoc. Prof., **A. A. Ignatchik**

RUE "SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization"

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: anton-jurin@rambler.ru; lab_plodoyagoda@mail.ru

DESIGN AND WORKING PROCESS OF THE UNIT FOR MECHANICAL REMOVAL OF THE CROWN OF BERRY SHRUBS AUK-1

Abstract. The article raises the problem of reducing the productivity of plantings of berry bushes due to excessive thickening of bushes, and provides a brief overview of existing technical means for pruning the crowns of berry bushes. A solution to this problem is proposed as one of the directions for increasing the volume of sales of berry products.

Keywords: berry bushes, currants, gooseberries, cutting the crown of bushes, brush cutter, unit, experimental sample.

Введение

Экономическая эффективность производства ягод ягодных культур непосредственно зависит от состояния здоровья растений и их возраста. В течение жизненного цикла насаждений ягодных кустарников, таких как черная и красная смородина, малина ремонтантная, крыжовник, их продуктивность может снижаться за счет избыточного загущения кустов, нарушения оптимального соотношения разновозрастных побегов, накопления болезней и вредителей и т. д.

Основная масса урожая смородины формируется на одно-четырёхлетних ветвях. Так однолетние ветви несут 1 % урожая, двухлетние – 14 %, трёхлетние – 35 % и четырёхлетние – 33 %. На пятилетних ветвях формируется не более 17 % урожая, однако качество ягод на них низкое.

В связи с этим отраслевым регламентом на возделывание ягодных кустарников предусматривается проведение ежегодной технологической операции обрезки с целью удаления старых неплодоносящих ветвей [1]. При этом оптимальный срок эксплуатации при механизированном способе уборки ягод составляет для черной и красной смородины, крыжовника 5–6 плодоношений. По истечении данного срока эксплуатации может проводиться раскорчевка кустов. В случае высокого бонитета насаждений ягодных кустарников срок их эксплуатации может быть продлен.

Продление срока эксплуатации насаждений ягодных кустарников может дополнительно сопровождаться полной обрезкой надземной составляющей куста. Этот метод может явиться также альтернативой утилизации плантации и посадки новой. Проведение операции срезания надземной части кустарника с оставлением «пеньков» высотой 2–3 см обеспечивает активный рост молодых побегов на оставшихся «пеньках», оптимизацию обрезки, снижение патогенной нагрузки. Данная технологическая операция способствует увеличению срока эксплуатации плантаций в 1,5–2 раза и обеспечивает повышение урожайности даже с учетом пропуска одного сезона плодоношения, в течение которого происходит рост и формирование обновленной кроны ягодника.

Кроме того, отраслевым регламентом возделывания ремонтантной малины предусматривается проведение ежегодной обрезки надземной части растений до уровня почвы [2]. По истечении же 8-летнего срока эксплуатации плантации малины осуществляется раскорчевка ягодника с проведением предварительной операции срезания надземной части ягодника на высоте 20–30 см.

Срезка кроны кустарников способствует прореживанию крон, вследствие чего повышает эффективность опрыскиваний на 15 % в сравнении со старыми загущенными посадками.

При этом отсутствие плодоношения на один год и связанного с ним риска загрязнения ягод обуславливает получение максимально возможного уровня подавления вредных организмов, сохранившихся в почве и залегающих со стороны. Также удаление кроны ягодных кустарников в сочетании с удалением опавших листьев устраняет почковых клещей, моль, огневку, листовёрток и другие вредные организмы.

Кроме того, операция срезания кроны осуществляется при ликвидации старых плантаций ягодных кустарников.

Таким образом, учитывая сферу применения, ежегодная потребность в проведении операции срезания кроны ягодных кустарников в стране

возникает на площади не менее 1190–1370 га без учета перспективы роста площадей и потребности на территории стран Евразийского экономического пространства.

В настоящее время в Республике Беларусь не производятся технические средства для осуществления технологической операции срезания кроны ягодных кустарников, вследствие чего данная операция выполняется вручную, что требует больших затрат труда.

В то же время за рубежом выпускаются специализированные машины для обрезки кустов. Это кусторез марки 44 Multi-Purpose Cutter (фирма Blue Diamond, США), многоцелевой кусторез Greatbear Skid Steer 66 Brush Cutter (фирма Chery Industrial, США), Top Cat (фирма BDRC, США), кусторез Berta (фирма Weremczuck, Республика Польша) [3]. При этом кусторез Berta фирмы Weremczuck (Республика Польша) наиболее полно удовлетворяет агротехническим требованиям к выполнению данной операции.

Таким образом, разработка и внедрение в производство машин для обрезки кроны ягодных кустарников является актуальной для Республики Беларусь агроинженерной задачей.

Основная часть

Для решения этой задачи в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» ведутся научно-исследовательские работы по разработке агрегата для механического удаления кроны ягодных кустарников (далее – агрегат). На основании полученных результатов теоретических исследований разработана конструкторская документация экспериментального образца агрегата АУК 00.000.000, по которой на ООО «Биоком Технология» изготовлен экспериментальный образец агрегата (рис. 1).



Рис. 1. Экспериментальный образец агрегата АУК-1

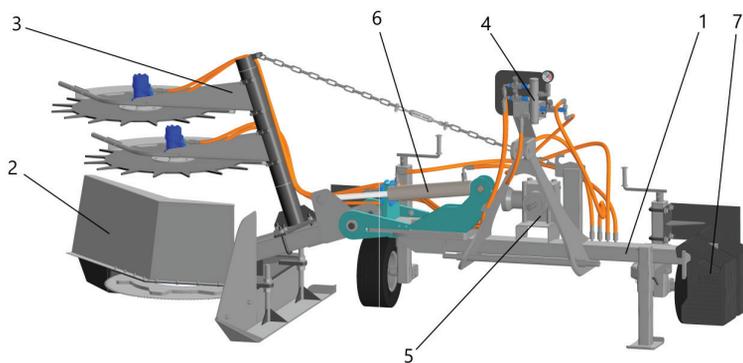


Рис. 2. Агрегат для механического удаления кроны ягодных кустарников:
 1 – шасси; 2 – рабочий орган;
 3 – стеблеотвод; 4 – гидросистема; 5 – редуктор; 6 – гидроцилиндр; 7 – груз

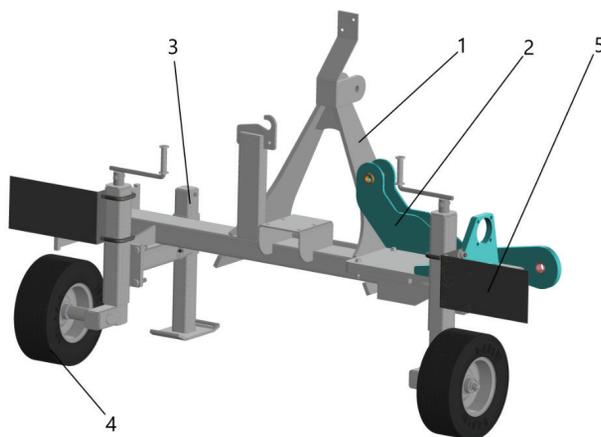


Рис. 3. Шасси: 1 – рама; 2 – кронштейн; 3 – стойка опорная;
 4 – колесо опорное; 5 – кронштейн

Агрегат является навесным и должен агрегатироваться с тракторами тягового класса 1,4. В соответствии с рис. 2 он состоит из шасси 1, рабочего органа 2, стеблеотвода 3, гидросистемы 4, редуктора 5, гидроцилиндра 6 и груза 7.

Шасси 1 обеспечивает возможность передвижения агрегата в процессе работы. Шасси (рис. 3) состоит из рамы 1, кронштейна 2, стойки опорной 3, колеса опорного 4 и кронштейна 5.

Рама представляет собой сварную конструкцию, состоящую из навески, консоли и кронштейна.

Стойка опорная состоит из кронштейна и ноги, расположенных под углом 90° друг относительно друга. Нога перемещается и фиксируется в кронштейне.

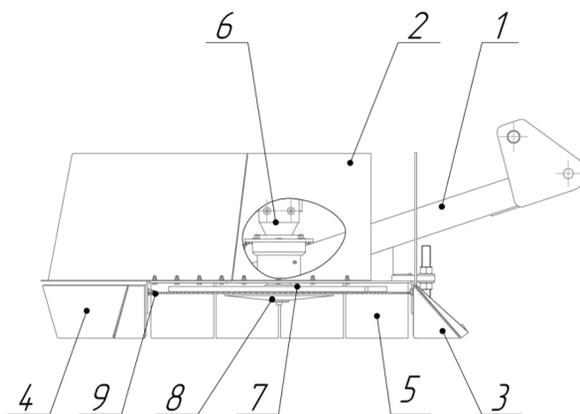


Рис. 4. Рабочий орган: 1 – рама; 2 – кожух; 3 – полоз; 4 – полоз; 5 – фартук; 6 – привод; 7 – фланец; 8 – диск; 9 – пила дисковая

Колесо опорное состоит из стойки, корпуса, колеса и ручки. Стойка имеет возможность перемещаться внутри кронштейна.

Рабочий орган предназначен для срезания кроны ягодных кустарников. Рабочий орган (рис. 4) состоит из рамы 1, кожуха 2, полозьев 3 и 4, фартука 5, привода 6, фланца 7, диска 8 и пилы дисковой 9.

Рама представляет собой сварную конструкцию, состоящую из основания и консоли, расположенных под углом друг к другу.

Привод состоит из редуктора, вала, втулки, корпуса, диска, кольца и прокладки.

Стеблеотвод предназначен для укладки срезанных стеблей кроны ягодных кустарников в валок. Стеблеотвод (рис. 5) состоит из стойки 1, хомута 2, кронштейнов 3, мотовила 4 и гидромотора 5.

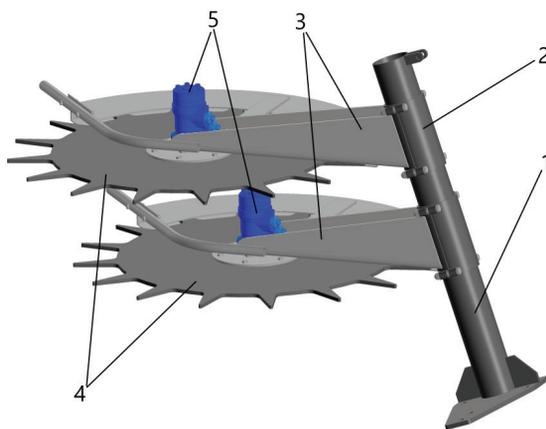


Рис. 5. Стеблеотвод: 1 – стойка; 2 – хомут; 3 – кронштейн; 4 – мотовило; 5 – гидромотор

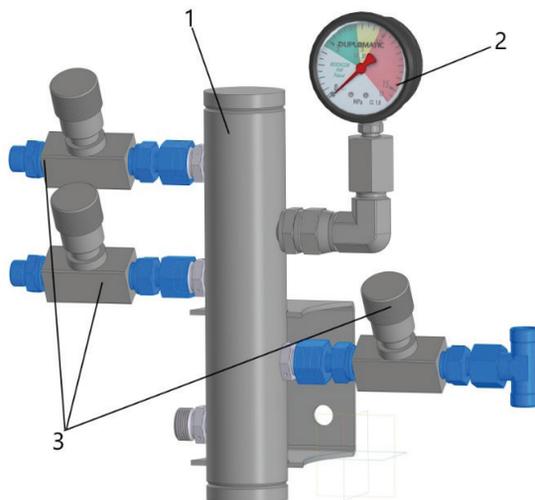


Рис. 6. Гидравлическая система:
1 – смеситель; 2 – манометр; 3 – регулятор потока

Стойка 1 представляет собой сварную конструкцию по которой может перемещаться кронштейн 3 и фиксироваться хомутом 2. На кронштейне 3 установлено мотовило 4, которое приводится в движение гидромотором 5.

Гидросистема (рис. 6) предназначена для перевода агрегата из транспортного положения в рабочее и обратно, и привода мотовила. Гидросистема состоит из смесителя 1, манометра 2, регуляторов потока 3, гидроцилиндра 6 (рис. 2) и соединительных рукавов. Привод гидросистемы осуществляется от гидросистемы трактора.

Технологический процесс, выполняемый агрегатом, заключается в следующем: на месте проведения работ агрегат переводится из транспортного положения в рабочее. При подъезде агрегата к началу рабочего прохода включается ВОМ трактора. Крутящий момент от привода трактора передается через шарнирно-телескопический вал к редуктору 5 (рис. 1) и приводу 6 (рис. 3) рабочего органа. Мотовило приводится в действие при помощи гидравлического привода насоса трактора, гидравлической системы агрегата и рукавов высокого давления, подключенных к трактору. Также к гидравлической системе трактора должен быть подключен гидроцилиндр, предназначенный для перевода рабочего органа в рабочее положение.

Основные параметры, размеры и количество обслуживающего персонала агрегата должны соответствовать указанным в таблице.

Применение разработанного агрегата обеспечит годовой экономический эффект от применения одной единицы в размере 6177,00 руб. Расчетная потребность Беларуси в агрегатах составляет не менее 120 шт.

Технические характеристики агрегата АУК-1

Наименование показателя	Показатели
Тип	Навесной
Рабочая скорость движения, км/ч	0,2–0,6
Транспортная скорость движения, км/ч, не более	25
Масса агрегата, кг, не более	1100
Количество рабочих органов, шт	1
Диаметр дискового рабочего органа, мм, не более	900
Скорость вращения рабочего органа, мин ⁻¹ , не более	2000
Конструктивная ширина захвата, м	0,9
Габаритные размеры в рабочем положении, мм, не более:	
– длина	3600
– ширина	6500
– высота	2500
Удельный расход топлива, кг/га, не более	15
Производительность за час основного времени, га/ч	0,14–0,42

Список использованных источников

1. Организационно-технологические нормативы возделывания овощных, плодовых, ягодных культур и выращивания посадочного материала: сб. отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси; рук. разработ.: В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск: Беларусь. наука, 2010. – 520 с.

2. Емельянова, О. В. Технологический регламент возделывания малины ремонтантной с механизированной уборкой урожая / О. В. Емельянова, К. Л. Коровин, Ж. В. Шибут // Плодоводство : науч. тр. / РУП «Ин-т плодоводства»; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2016. – Т. 28 (1). – С. 356–364.

3. Навесные машины для срезания веток [Электронный ресурс] // AgriEXPO. – Режим доступа: <https://www.agriexpo.ru/proizvoditel-agri/navesnaa-masina-srezania-vetok-1064.html>. – Дата доступа: 25.07.2023.

А. Н. Юрин, к. т. н., доцент

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: anton-jurin@rambler.ru

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ОПТИЧЕСКОЙ СОРТИРОВКИ ПЛОДОВ (APPLECTL)

Аннотация. В данной статье представлено обоснование программы управления системой технического зрения для оптической сортировки плодов технологической линии сортировки и фасовки яблок ЛСП-4 и приведено описание основных ее составляющих.

Ключевые слова: интерфейс, пользователь, изображение, яблоко, сорт, заказ, параметры, статистика, лотки, инженерный, точка сброса, функция.

A. N. Yuryn, PhD, Assoc. Prof.

RUE "SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization"

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: anton-jurin@rambler.ru

DEVELOPMENT OF A TECHNICAL VISION SYSTEM CONTROL PROGRAM FOR OPTICAL FRUIT SORTING (APPLECTL)

Abstract. This article presents the rationale for the technical vision system control program for optical sorting of fruits of the technological line for sorting and packing apples LSP-4 and provides a description of its main components.

Keywords: interface, user, image, apple, comp, order, parameters, statistics, trays, engineering, reset point, function.

Введение

В настоящее время контроль качества плодов – мало механизированный процесс, и на его выполнение приходится до 70 % всех трудозатрат товарной обработки плодов [1–4].

В процессе сортировки учитываются размер плодов, наличие повреждений от болезней, вредителей и механического воздействия.

Из всех известных средств автоматизации, предназначенных для такой цели, наиболее качественно этот процесс может быть выполнен только оптическими средствами контроля на основе системы технического зрения (далее – СТЗ) [5–6]. Немаловажной частью СТЗ является ее электронный блок управления (ЭБУ), управление которым осуществляется посредством программного обеспечения [7].

Графический интерфейс пользователя является обязательным компонентом современных программных продуктов, ориентированных на работу конечного пользователя. Интуитивно понятный графический интерфейс пользователя операционной системы и удобные средства управления позволяют повысить эффективность работы СТЗ. Поэтому создание программного обеспечения, позволяющего осуществлять эффективное управление СТЗ, является важной задачей [8].

Основная часть

Программный продукт предназначен для управления системой технического зрения (СТЗ) для сортировки плодов по диаметру и наличию дефектов от механических повреждений, вредителей и болезней на три товарных сорта.

Область применения: сельскохозяйственные предприятия любых форм собственности, специализирующиеся на производстве плодовой продукции.

Конструкция и рабочий процесс СТЗ. СТЗ представляет собой сложное распределенное техническое устройство, состоящее из двух основных элементов:

- электрического блока управления с вычислительным модулем и сенсорным монитором (рис. 1);
- оптического модуля с видеокамерой и подсветкой (рис. 2, 3).

В основу работы системы классификации СТЗ положен принцип визуального анализа данных. При прохождении через оптический модуль плоды фотографируются, изображение передается в вычислительный модуль, где программное обеспечение классифицирует поступающие плоды согласно заданным параметрам.

СТЗ обеспечивает получение изображений движущихся яблок, распознавание и обработку полученных изображений, формирование изображений в образы с последующей классификацией яблок по сортам, выдачу управляющего сигнала сбрасывателям, осуществляющим сброс яблок с индивидуальных кареток конвейера на выходные конвейеры соответствующих сортов.

В качестве вычислительного модуля использован промышленный компьютер DS-1200 с процессором Intel® Core™ i7-8700 Hexa-Core, оперативной памятью DDR4 объемом 16 ГБ, жестким диском объемом 256 ГБ. Диалог с оператором осуществляется посредством сенсорного монитора CV-110H/M1001.

В качестве структурированной подсветки использованы светодиодные лампы со светодиодами типа Smd 5050 (тепло-белого свечения) суммарной мощностью 160 Вт (220 V) (рис. 3, б).



Рис. 1. Система технического зрения: 1 – оптический модуль с видеокамерой и структурной подсветкой; 2 – электронный блок управления



Рис. 2. Оптический модуль СТЗ

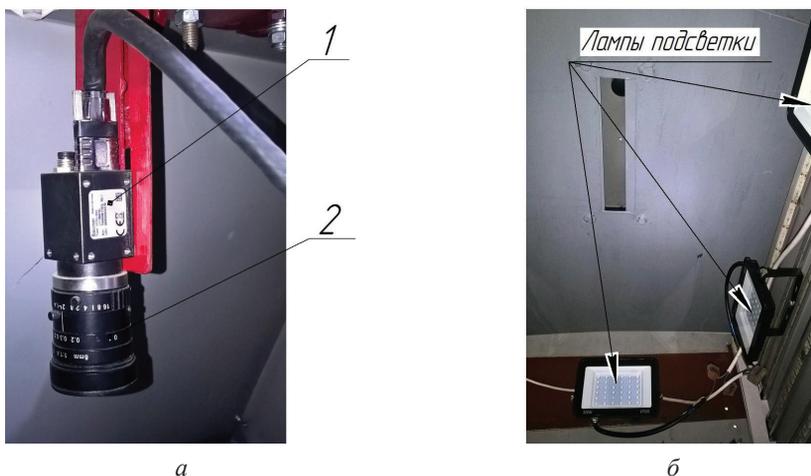


Рис. 3. Компоненты оптического модуля СТЗ: а – видеокамера VCXU-32С (1) с объективом AZURE-0818M3M (2); б – лампы структурной подсветки

Программный продукт обеспечивает управление видеокамерой системы технического зрения (рис. 3, а), осуществляющей фотографирование яблок; обнаружение их признаков; распознавание дефектов от механических повреждений, болезней и вредителей; присвоение сорта и управление исполнительными механизмами разделения потока плодов на сорта.

Общие сведения. Программное обеспечение системы технического зрения (СТЗ) написано на 2 языках программирования Python и C++, работает в операционной системе Ubuntu 16.04, использующей ядро Linux, и содержит следующие элементы:

- подпрограмма сегментации и трекинга;
- подпрограмма распознавания дефектов яблок на изображениях с помощью ИНС;
- подпрограмма классификации сортов яблок по комплексным параметрам;
- подпрограмма работы с базой данных (Base);
- подпрограмма настройки параметров видеокамеры (Camera);
- подпрограмма управления данными о заказах (Ctl);
- подпрограмма управления механизмами (Transporter);
- подпрограмма интерфейса пользователя (UI);
- подпрограмма «верхнего» уровня.

Функциональные назначения подпрограмм. После захвата изображения камерой оно поступает в подпрограмму сегментации (рис. 4), которая

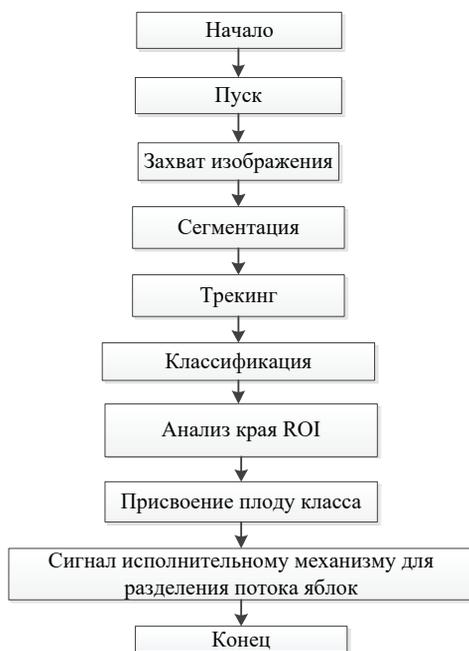


Рис. 4. Алгоритм функционирования программы управления системой технического зрения для оптической сортировки плодов (AppleCtl)

генерирует прямоугольники, ограничивающие яблоки. Прямоугольники поступают на подпрограмму трекинга, которая сопоставляет объекты текущего кадра с объектами предыдущего кадра. Далее изображения идентифицированных яблок классифицируются. Пока яблоко не дойдет до конца анализируемого края изображения (ROI), программа собирает информацию об обнаруженных дефектах и размерах каждого уникального яблока. После того как яблоко доходит до конца края изображения, на основе собранной информации яблоку присваивается номер одного из четырех классов: 1 – высший сорт, 2 – первый сорт, 3 – второй сорт, 4 – бессортовое. В зависимости от номера класса программа генерирует сигнал исполнительному механизму для механического разделения потока яблок на сорта по качеству.

Подпрограмма сегментации трекинга. Программа сегментации предназначена для разделения цифрового изображения яблок, движущихся на конвейере (рис. 5), от изображения транспортирующих кареток конвейера.

Алгоритм работы программы основан на принципе, что конвейер черный, а все яблоки имеют красные, желтые или зеленые оттенки (или их комбинации), благодаря чему они выделяются на фоне конвейера.

Для анализа цвета изображение переводится в формат RGB для сегментации зеленых, желтых или красных оттенков цветов на цифровых изображениях яблок.

Для получения полной визуальной информации о качестве яблок необходимо фотографирование их со всех сторон, что обеспечивается механическим вращением плодов на конвейере в поле зрения видеокамеры фотомодуля.

Для обеспечения слежения за перемещающимися и вращающимися плодами используется программа трекинга.

На вход алгоритма программы трекинга поступает набор координат прямоугольников, ограничивающих яблоки. Алгоритм трекинга учитывает информацию, сгенерированную им для предыдущего кадра видеопоследовательности (если он не первый), и выдает каждому ограничивающему прямоугольнику текущего кадра уникальный номер (назначает индивидуальный номер – ИД). Тем самым алгоритм сопоставляет яблоки на двух кадрах и позволяет идентифицировать одно и то же яблоко на разных кадрах как одно, а не как несколько разных.



Рис. 5. Моментальный кадр движущихся яблок по конвейеру

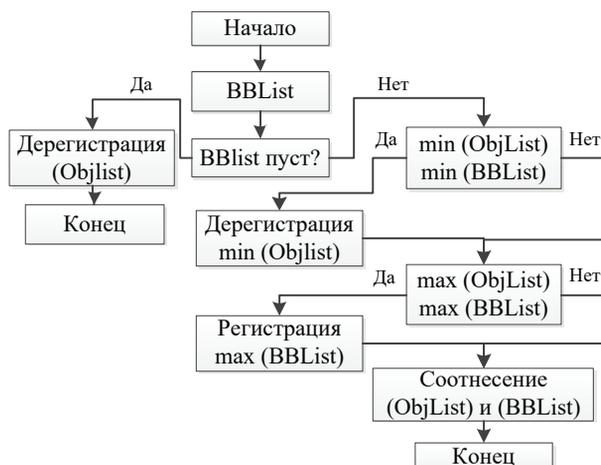


Рис. 6. Блок-схема предложенного алгоритма трекинга объектов

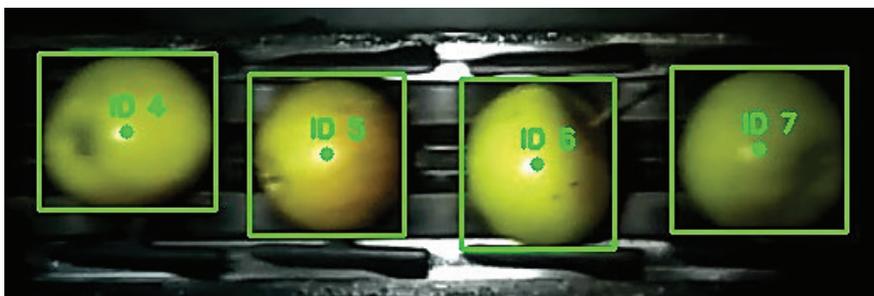


Рис. 7. Результат работы алгоритма трекинга объектов

На рис. 6 представлена блок-схема работы алгоритма трекинга.

BBList – это список координат ограничивающих прямоугольников $(x1, y1, x2, y2)$, поступающих на вход алгоритма; ObjList – список объектов (ИД id и координат ограничивающих прямоугольников $(x1, y1, x2, y2)$, сгенерированный алгоритмом трекинга для предыдущего кадра; мин (ObjList) (макс (ObjList)) обозначает, что из списка координат ограничивающих прямоугольников объектов выбирается наименьшая координата левого нижнего угла прямоугольника (наибольшая координата правого нижнего угла).

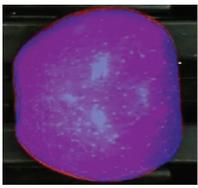
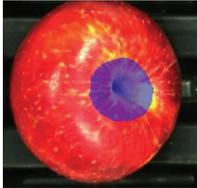
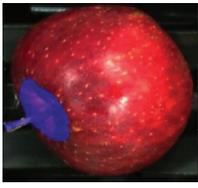
Регистрация объекта обозначает присвоение ему ИД и включение его в список объектов, где регистрация – удаление объекта из списка объектов, соотнесение объектов означает присвоение объектам текущего кадра ИД, который выбирается из списка ИД объектов предыдущего кадра. Результат работы алгоритма трекинга объектов показан на рис. 7.

Подпрограмма распознавания дефектов яблочек на изображениях с помощью искусственной нейронной сети ИНС. Для распознавания де-

фектов на изображениях яблок используются сегментационная сеть Iraspp mobilenetV3 из пакета mmsegmentation PyTorch на основе обучающей выборки изображений плодов с выделением его pomological особенностей (табл. 1) и 10 различных дефектов плодов (табл. 2).

Подпрограмма классификации сортов яблок по комплексным параметрам. Программа классификации сортов яблок по комплексным параметрам предназначена для определения наличия и распознавания дефектов плодов от механических повреждений, болезней и вредителей, и присвоения сорта яблокам в соответствии с указанными в табл. 3.

Таблица 1. Помологические особенности яблок

Условное обозначение	Наименование	Фото	Условное обозначение	Наименование	Фото
apple	Яблоко		funnel	«Воронка» плодоножки без плодоножки	
sepal	Цветоложе		leg	Плодоножка без «воронки» (не видна)	
stam	«Воронка» плодоножки с плодоножкой		leaf	Лист	

Результаты определения дефектов яблок представлены на рис. 8.



Рис. 8. Результаты определения ИНС дефектов яблок

Таблица 2. Дефекты яблок

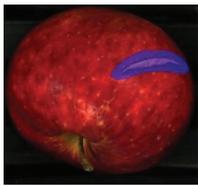
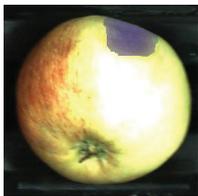
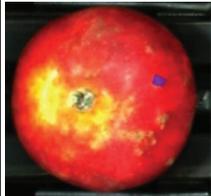
Условное обозначение	Наименование	Фото	Условное обозначение	Наименование	Фото
net	Сетка		point	Парша	
scratch	Порез		spotting	Парша	
pressure	Нажим		wart	Парша	
hail	Градобоина		lumps	Парша	
rot	Гниль		scab	Парша	

Таблица 3. Показатели качества выполнения технологического процесса сортировки плодов

Наименование показателя	Характеристика и требования для сорта		
	высшего	первого	второго
Наибольший размер плода, мм	70–65	65–60	60–55
Механические повреждения:			
«градобоина»/«hail»	н/д*	До 2 см ²	2 см ² – ¼ поверхности
«порез», «нажим»/«scratch», «pressure»	н/д	До 2 см ²	2–4 см ²
Повреждения вредителями	н/д	До 2 см ²	2–4 см ²

Наименование показателя	Характеристика и требования для сорта		
	высшего	первого	второго
Повреждения болезнями: / Disease damage			
«гниль»/ «rot»	н/д		
«сетка»/ «net»	н/д	До ¼ поверхности	Допускается
«парша»/ «point», «wart», «spotting», «lumps», «scab»	н/д	До 2 см ²	2 см ² – ¼ поверхности

* Не допускается.

Подпрограмма работы с базой данных (Base). Предназначена для работы с графическим приложением, настройки счетчика шагов энкодера, создания файла архива настроек управления СТЗ.

Подпрограмма настройка параметров видеокамеры (Camera). Предназначена для настройки количества кадров съемки в секунду диафрагмы и выдержки видеокамеры в зависимости от мощности, используемой структурной подсветки фотомодуля СТЗ, для получения качественных фотографий.

Подпрограмма управления данными о заказах (Ctl). Предназначена для ведения базы данных о заказах, составления и хранения статистики работы СТЗ.

Подпрограмма управления механизмами (Transporter). Предназначена для отправления и получения данных энкодера, определения скорости движения и координат индивидуальных кареток главного конвейера для яблок, выработки управляющего сигнала соленоидам делителей потока яблок.

Подпрограмма интерфейса пользователя (UI). Предназначена для управления графическим интерфейсом пользователя СТЗ.

Подпрограмма «верхнего» уровня. Предназначена для осуществления взаимодействия всех подпрограмм между собой, управления ими и организации цикла работы СТЗ.

Выводы

Разработано программное обеспечение сортировщика, обеспечивающее обнаружение признаков, распознавание дефектов от механических повреждений, вредителей и болезней, принятие решения и механическое выделение трех товарных сортов из потока плодов.

Список использованных источников

1. Смирнов, И. Г. Интеллектуальные технологии и роботизированные машины для возделывания садовых культур / И. Г. Смирнов, Д. О. Хорт, А. И. Кутырев // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2021. – Т. 15, № 4. – С. 35–41.

2. Роботизированный комплекс для сортировки яблок / П. В. Балабанов [и др.] // Цифровизация агропромышленного комплекса : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Тамбов, 21–23 окт. 2020 г. / Тамбов. гос. техн. ун-т. – Тамбов, 2020. – Т. 1. – С. 44–47.
3. Rethinking the Inception Architecture for Computer Vision [Electronic resource] / C. Szegedy [et al.] // Cornell University Library. – Mode of access: <https://arxiv.org/pdf/1512.00567.pdf>. – Date of access: 15.05.2018.
4. ImageNet [Electronic resource] // Stanford Vision Lab, Stanford University, Princeton University. – Mode of access: <http://www.image-net.org>. – Date of access: 05.04.2018.
5. Lu, Yuzhen Development of a multispectral Structured Illumination Reflectance Imaging (SIRI) system and its application to bruise detection of apples [Разработка мультиспектральной системы визуализации отраженного изображения (SIRI) и ее применение для обнаружения повреждений яблок. (США)] / Yuzhen Lu, Renfu Lu // Transactions of the ASABE / Amer. soc. of agriculture and biol. engineering. -St. Joseph (Mich.), 2017. – Vol. 60, № 4. – P. 1379–1389.
6. Казакевич, П. П. Система технического зрения распознавания дефектов яблок: обоснование, разработка, испытание / П. П. Казакевич, А. Н. Юрин, Г. А. Прокопович // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2021. – Т. 59, № 4. – С. 488–500. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2021-59-4-488-500>.
7. Юрин, А. Н. Инновационные технологические процессы и технические комплексы для интенсивного садоводства Беларуси / А. Н. Юрин. – Минск : Беларуская навука, 2022. – 208 с.
8. Разработка алгоритмов системы распознавания ягод земляники садовой при роботизированном сборе / Д. О. Хорт [и др.] // Электротехнологии и электрооборудование в АПК / Федер. науч. агроинженер. центр ВИМ. – 2020. – № 1 (38). – С. 133–141.

А. В. Спесивцев, д. т. н., доцент, **Б. В. Соколов**, д. т. н., профессор,
А. И. Семенов

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр
Российской академии наук»
Санкт-Петербург, Россия*

МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ПРОАКТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА КОРМОВ ИЗ ТРАВ

Аннотация. Для решения задач проактивного (упреждающего) оперативного планирования производства кормов из трав (ПКТ) разработано специальное модельно-алгоритмическое обеспечение (СМАО), построенное на основе комплексного моделирования, где применены технологии проактивного (упреждающего) управления различными видами ресурсов, что предоставляет лицам, принимающим решения (ЛПР), возможность осуществлять многовариантное прогнозирование, обеспечивающее предсказание и предотвращение возможных неблагоприятных ситуаций, вызванных возмущающими воздействиями внешней среды. Предложенные в докладе логико-динамические модели проактивного планирования дополняются нечетко-возможностными моделями, при синтезе которых используются явные и неявные экспертные знания, что позволяет при описании сложных пространственно-временных, технических и технологических ограничений конструктивно преобразовать имеющуюся качественную информацию в количественную. Для конкретизации в статье рассматриваются не все этапы процесса ПКТ, а только заключительный этап, на котором осуществляется уборка трав для последующей заготовки конкретных видов кормов. Эффект от применения предложенного подхода продемонстрирован на примере решения задачи оперативного планирования процессов ПКТ для крупного рогатого скота (КРС).

Ключевые слова: производство кормов из трав, комплексное планирование, логико-динамические модели планирования, нечетко-возможностный подход.

A. V. Spesivtsev, Grand PhD, Assoc. Prof., **B. V. Sokolov**, Grand PhD, Prof., **A. I. Semjonov**

*The Federal State Institution of Science
“St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences”
Saint-Petersburg, Russia*

MODELS AND ALGORITHMS FOR PROACTIVE PLANNING OF GRASS FEED PRODUCTION

Abstract. To solve the problems of proactive operational planning of grass feed production (GFP), a special model-algorithmic software has been developed, built on the basis of complex modeling, where technologies of proactive management of various types of resources are applied, which provides decision makers with the opportunity to carry out multivariate forecasting, ensuring prediction and prevention of possible adverse situations caused by disturbing environmental influences. The logical-dynamic models of proactive planning proposed in the report are

complemented by fuzzy-probability models, the synthesis of which uses explicit and implicit expert knowledge, which makes it possible to constructively transform the available qualitative information into quantitative information when describing complex spatial-temporal, technical and technological constraints. For concretization, the article does not consider all stages of the GFP process, but only the final stage, at which grasses are harvested for subsequent harvesting of specific types of feed. The effect of the proposed approach is demonstrated by the example of solving the problem of operational planning of GFP processes for cattle.

Keywords: production of grass feed, integrated planning, logical and dynamic planning models, fuzzy probability approach.

Введение

В настоящее время производство высококачественных грубых и сочных кормов для КРС в достаточном объеме требует применения большого количества технико-технологических решений с учетом имеющихся ресурсов, складывающихся погодных условий и сбалансированности рациона по питательным веществам. Также следует отметить, что по ряду причин ПКТ на северо-западе Российской Федерации до сих пор имеет достаточно низкую эффективность [1].

Одна из главных проблем низкого уровня ПКТ связана с плохим качеством управления данным многофакторным процессом и соответствующими сложными агробиологическими и организационно-техническими объектами, обеспечивающими его реализацию. Анализ показывает, что наиболее перспективные пути улучшения качества и эффективности ПКТ связаны с автоматизацией и интеллектуализацией управления указанными процессами.

В структуре технологии управления ПКТ важную роль играет функция планирования, которой в данном докладе уделим основное внимание. Далее под планированием ПКТ будем понимать в общем случае постоянный и целенаправленный процесс выделения материальных, энергетических и информационных ресурсов на выполнение технических, технологических, организационных работ (операций), направленных на достижение поставленных целей и задач с наилучшими результатами [2], а именно: построение расписания работ, обеспечивающих гарантированную и высококачественную реализацию выбранной технологии (технологий) ПКТ.

Главные проблемы автоматизации любого процесса планирования функционирования сложными объектами (СЛО) связаны с неопределенностью сценариев воздействия возмущающих факторов, их трудной формализуемостью и слабой структурированностью [1, 3, 4]. В работах [5, 6] был проведен анализ существующих подходов к автоматизации процессов планирования, в том числе и применительно к ПКТ. Так, например, сложный процесс долгосрочного и оперативного планирования уборки трав целесообразно осуществлять на основе технологий системного (комплекс-

ного) моделирования, где главный акцент смещен в сторону описания взаимодействия ПКТ с внешней средой на основе полимодельного (многомодельного) описания данных взаимодействий. В ряде последних работ по комплексному планированию данный вид планирования был назван проактивным (упреждающим), т. к. при его реализации, например, в рамках соответствующей имитационной системы проводятся многосценарное прогнозирование и анализ вариантов реализации составленных планов.

В рассматриваемом докладе представлен один из возможных подходов к решению задачи многокритериального применения проактивного планирования на примере реализации лишь одного из этапов комплексного планирования ПКТ, а именно для этапа уборки трав.

Содержательное описание альтернативных технологий уборки трав

Уборка трав – сложный многофункциональный, многофакторный, многоцелевой и многовариантный процесс, от качественного и своевременного выполнения которого зависят качество и минимизация потерь готовой продукции. Следует отметить, что каждый из этапов уборки существенно отличается как по функциональным признакам, так и применением специально приспособленного для него технического оборудования.

На рис. 1 приведен граф альтернативных вариантов процессов уборки трав, включающий различные варианты применяемых технологий и порядок их реализации в зависимости от внешних условий, например, погодных.

Обозначенные на рис. 1 элементы и их функциональное назначение пояснены далее в тексте. Так, 0 – это исходное состояние травостоя, которое далее в зависимости от выбранных (синтезированных) и реализуемых возможных четырех технологий уборки трав предполагает выполнение одной из следующих альтернативных технологических операций: операции C_1 – скашивание, C_2 – скашивание с плющением стеблей, C_3 – скашивание с перебиванием стеблей, либо альтернативной операции I_1 – скашивание с измельчением. В случае благоприятных погодных условий производят скашивание в валки с последующими вариантами реализации следующих семи альтернативных технологий и нескольких операций: ворошение B_1, B_2, B_3 , сгребание в валки Γ , подбор валков с измельчением – I_2 . Дальнейшие операции по всем технологиям одинаковы: консервация: K_0 – без внесения консервантов, K_1, K_2, K_3 – внесение химических, биологических и электрохимических консервантов соответственно. Далее следуют операции T_1 – транспортировка тракторами или T_2 – автомобилями, P_1, P_2, P_3 – закладка на хранение в траншею, в башню или рукав, X – силос как готовый продукт корма из трав для КРС.

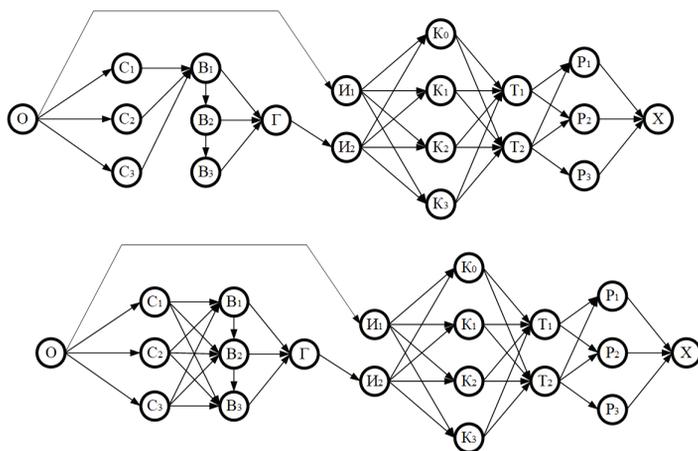


Рис. 1. Схема альтернативных технологий уборки трав

Выбор конкретной технологии из представленных альтернативных технологий и операций уборки трав зависит от многих составляющих и в настоящее время в большинстве случаев реализуется на основе получаемых разнотипных данных и информации от системы распределенных киберфизических систем и интеллектуальных датчиков.

Модели и обобщенный алгоритм планирования работы технических агрегатов

Как уже указывалось ранее, при планировании ПКТ в целом и планировании процессов уборки трав в частности следует использовать несколько классов моделей для конструктивного учета различных аспектов данных процессов. В работе [4] применены логико-динамические модели (ЛДМ), конструктивно описывающие пространственно-временные, технические, технологические и организационные ограничения и факторы, связанные с уборкой трав. Постановка задачи оптимального программного управления ПКТ предполагает задание интервала планирования (день, неделя, декада), описание в дифференциальной форме всех возможных операций, входящих в альтернативные технологии, задание ограничений на управляющие воздействия, а также краевых условий, определяющих исходные начальные и требуемые граничные значения планируемых к выполнению операций, входящих в альтернативные технологии уборки трав (см. уравнения и ограничения в модели вида M^0 (1), представленные в работе [4]). Завершается построение логико-динамической модели (ЛДМ) и формулировка задачи оперативного планирования введением целевых функций вида (1)–(2), объединенных далее в обобщенный показатель качества выполнения программ проактивного управления процессом заготовки кормов (силоса) [4]:

$$J_1 = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^l \sum_{r=1}^n \int_{t_0}^{t_f} q_{ikr}(\tau) u_{ikr}(\tau) d\tau; \quad (1)$$

$$J_2 = -\frac{1}{2} \sum_{k=1}^l [a_{ik} - x_{ik}(t_f)]^2; \quad (2)$$

$$J_{об} = \lambda_1 J_1 + \lambda_2 J_2 + \lambda_3 x_3, \quad (3)$$

$$\psi_{ik}(t_f) = -\frac{\partial J_{об}}{\partial x_{ik}}, \quad (4)$$

где (1) – показатель качества планирования, который вводится для оценивания «своевременности» выполнения операций, связанных с уборкой кормов; a_{ik} – объем работ, который требуется достичь при выполнении операции x_{ik} ; q_{ikr} – это заданная гладкая функция «штрафов» за нарушение заданных директивных сроков выполнения операций, определенных в рамках соответствующих технологических карт; (2) – показатель качества планирования, характеризующий полноту выполнения технологических операций; (3) – обобщенный показатель качества планирования уборки кормов; x_3 – обобщенная переменная, характеризующая имеющийся потенциал технологического ресурса применительно к конкретному сельскохозяйственному предприятию (СХП), описываемый с использованием количественно-качественной нечетко-возможностной модели, имеющая размерность МДж/кг; (4) – условие трансверсальности на правом конце фазовой траектории; x_{ik} – переменная, характеризующая состояние выполнения операции; ψ_{ik} – вспомогательная сопряженная переменная. За счет (4) количественно-качественные данные, информация и знания, представленные в нечетко-возможностной форме и прошедшие дефаззификацию, попадают в ЛДМ оперативного планирования уборки кормов [6].

Наряду с ЛДМ планирования для прогнозирования и коррекции урожайности трав на полях сельскохозяйственных производств и качества заготавливаемого силоса предлагается использовать соответствующие нечетко-возможностные модели, представляющие первый и второй уровни иерархической системы управления технологией производства кормов из трав применительно к конкретному СХП [3, 4]. Согласно исследованиям [3, 4] формализованная модель упреждающего прогнозирования урожайности трав первого уровня детализации имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} Y = & 10,56 + 2,35x_1 + 4,39x_2 + 3,18x_3 + 1,28x_4 + \\ & + 1,35x_5 - 0,43x_1x_3 + 0,79x_2x_3 - 0,41x_2x_5 + \\ & + 0,92x_3x_5 - 0,37x_1x_3x_4 + 0,93x_1x_3x_5, \end{aligned} \quad (5)$$

где x_1 – агробиопотенциал угодий, x_2 – потенциал кормов, x_3 – технологический ресурс СХП (качество кормов из трав), x_4 – материально-техническая база СХП, x_5 – погоднo-климатические условия. При этом факторное пространство первого уровня составлено из нечетких лингвистических переменных.

Следует отметить, что модель вида (5) может использоваться независимо от ЛДМ планирования, о которой речь шла ранее. Однако новизна предложенного в данном докладе подхода состоит в том, что предлагаемые переменные приведенного факторного пространства могут рассматриваться также и как частные показатели качества планирования ПКТ. Так, наиболее существенный фактор x_3 – качество использования технологического ресурса СХП, в свою очередь, зависит от следующих шести переменных: от фазы вегетации (x_{31}), вида скашивания ($\sum_{k=1}^s F_k$), количества и интенсивности ворошений ($\sum_{w=5}^v F_w$), внесения консерванта (x_{34}), способа досушивания (x_{35}) и способа хранения (x_{36}). Значения этих переменных получают на этапе решения задачи программного управления (планирования) ПКТ. Таким образом, в нечетко-возможностную модель вводится количественная информация об условиях реализации операций ПКТ при имеющихся в хозяйстве ресурсах и прогнозируемых климатических условиях.

Модель технологического ресурса СХП (x_3) имеет вид:

$$x_3 = 8,859 + 0,703x_{31} + 0,109 \cdot \frac{1}{2} \left[\frac{\sum_{k=1}^s (a_{ik} - x_{ik}(t_f))^2}{\sum_{k=1}^s a_{ik}^2} \right] +$$

$$+ 0,172 \cdot \frac{1}{2} \left[\frac{\sum_{w=5}^v (a_{iw} - x_{iw}(t_f))^2}{\sum_{w=5}^v a_{iw}^2} \right] + 0,359x_{34} + 0,140x_{35} + 0,359x_{36} -$$

$$- 0,109x_{34}x_{35} - 0,131x_{31}x_{34}x_{36} - 0,109x_{32}x_{33}x_{35}. \quad (6)$$

В моделях (5) и (6) переменные представлены в безразмерном стандартизованном масштабе, что позволяет объединять разные количественно-качественные факторы, влияющие на эффективность ПКТ, в единые аналитические полиномы, численно рассчитав которые, можно получить оценку как урожайности (Y), так и качества кормов (x_3). При этом для достижения высокого качества корма из трав необходимо соблюдать, в первую очередь, агробиологические требования на каждом этапе протекания процесса заготовки кормов [5]. В заключение приведем основные шаги обобщенного алгоритма оперативного проактивного планирования уборки кормов и предупреждающего прогнозирования их урожайности.

Шаг 1. Преобразование интегральных показателей качества (например, показателя вида (1), к терминальному виду.

Шаг 2. В качестве начального приближения синтезируемого плана задается некоторое допустимое управление, формируемое на основе экспертных знаний.

Шаг 3. Численно решается задача оперативного планирования уборки трав с использованием известного метода последовательных приближений [3].

Шаг 4. Результаты решения задачи планирования (см. выражения в квадратных скобках в формуле (6)) подставляются в модель технологического ресурса СХП (x_3) и осуществляется упреждающее прогнозирование состояния технологического ресурса с учетом конкретного синтезированного расписания работ и других факторов, входящих в выражение (6).

Шаг 5. Результаты расчетов по формуле (6) подставляются в модель упреждающего прогнозирования урожайности трав (см. формулу (5)).

Результаты построения оперативного плана уборки трав

Разработанный прототип СМАО планирования обеспечивает автоматизированное построение расписаний работ технических агрегатов по уборке трав, а также расчет упреждающего прогноза урожайности трав (см. формулу (5)), а также состояния технологического ресурса с учетом конкретного синтезированного расписания работ и других факторов, входящих в выражение (6). На рис. 2 представлены диаграммы Ганта, демонстрирующие выполнение технологических операций, которые составляют полный цикл при использовании низкоурожайной технологии (а) и высокоурожайной технологии (б) уборки трав.

На рис. 2 приняты следующие обозначения операций по вертикальной оси: С – скашивание, В1 – борошение первое, В2 – борошение второе, В3 – борошение третье, СГ – скашивание, П – покос.

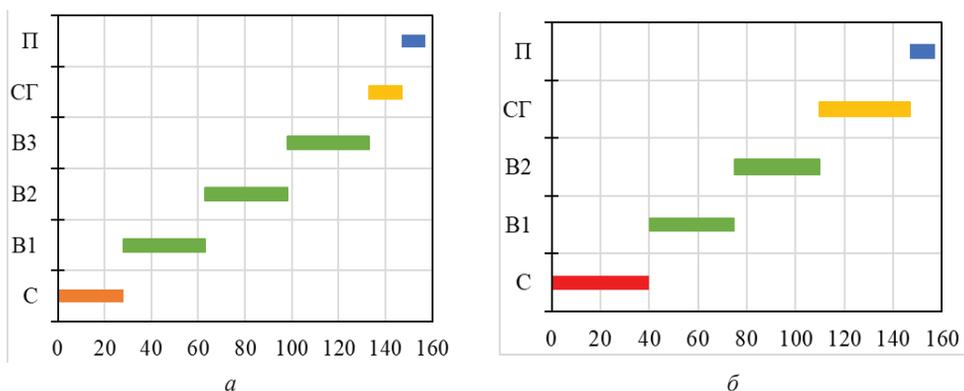


Рис. 2. Диаграммы планирования работ технических кормоуборочных агрегатов по низкоурожайной технологии (а) и высокоурожайной технологии (б)

ВЗ – ворошение третье, СГ – сгребание, П – подбор. Технические агрегаты, выполняющие технологические операции:  MTZ-1221_GMS3600,  MTZ-1221_VOLTO64,  MTZ-82_GVR-6.0,  RSM1401,  MTZ-82_KRN-2.1. По горизонтальной оси – время в часах.

Заключение

Научная новизна представленного в докладе материала состоит, во-первых, в разработке полимодельного описания задачи оперативного планирования уборки трав, включающего в себя наряду с логико-динамическими моделями проактивного планирования также нечетко-возможностные модели, при синтезе которых используются явные и неявные экспертные знания. Данный подход позволяет при описании сложных пространственно-временных, технических и технологических ограничений, связанных с функционированием СХП, конструктивно представлять и преобразовывать имеющуюся качественную информацию в количественную.

Во-вторых, в докладе представлен программно реализованный обобщенный алгоритм оперативного планирования уборки трав, в рамках которого удастся связать конкретные расписания задействования ресурсов СХП с результатами упреждающего прогнозирования эффективности их использования с точки зрения обобщенного показателя урожайности.

Исследование проведено в рамках государственной бюджетной темы FFZF-2022-0004.

Список использованных источников

1. Use of logical-linguistic models to predict the retained biological potential of grasses during their conservation / V. D. Popov [et al.] // Proceedings of the 19th International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM) 2016. Russia, June 22–24, 2016. – Revised Selected Papers. – P. 244–246.
2. Соколов, Б. В. Динамические модели и алгоритмы комплексного планирования работы наземных технических средств с навигационными космическими аппаратами / Б. В. Соколов // Труды СПИИРАН. – 2010. – Т. 2, № 13. – С. 7–44. DOI: 10.15622/sp.13.1.
3. Семенов, А. И. Алгоритмизация системы поддержки принятия решений при производстве кормов из трав на основе онтологического подхода / А. И. Семенов, А. В. Спесивцев // XVI Всероссийская мультиконференция по проблемам управления (МКПУ-2023): Материалы мультиконференции. – В 4 т. – Т. 1. – С. 216–219.
4. Семенов, А. И. Модельно-алгоритмическое обеспечение задач прогнозирования и планирования процесса заготовки кормов / А. И. Семенов, А. Ю. Кулаков // Изв. вузов. Приборостроение. – 2022. – Т. 65, № 11. – С. 818–825. DOI: 10.17586/0021-3454-2022-65-11-818-825.
5. Fuzzy-multiple models of formalization of soil resources in formation of system for controlling processes of feed production from grasses / V. Popov [et al.] // Engineering for Rural Development Proceedings : 19th International Scientific Conference (Jelgava, May 20–22, 2020). – 2020. – Vol. 19. – P. 773–777.
6. Моделирование слабоформализованных систем на основе явных и неявных экспертных знаний / М. Б. Игнатьев [и др.]. – СПб.: Политех-Экспресс, 2018. – 430 с.

Е. Л. Жилич, С. А. Цалко, Ю. Н. Рогальская, В. В. Никончук

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

**КОМПЛЕКТ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА
ЛЕГКОУСВОЯЕМОГО КОМБИКОРМА ДЛЯ КРУПНОГО
РОГАТОГО СКОТА РАЗЛИЧНЫХ ПОЛОВОЗРАСТНЫХ
ГРУПП КОБК-1,5**

Аннотация. Комбикормовая промышленность призвана выполнять одну из важных народнохозяйственных задач, а именно повышать продуктивность животноводства, быстрое развитие которого необходимо для удовлетворения растущих потребностей населения в основных продуктах питания и легкой промышленности в сырье. Успешное развитие животноводства возможно на основе развитой и прочной кормовой базы, в создании которой комбикормовая промышленность играет большую роль. Она призвана снабжать животноводческие хозяйства комбикормами высокой питательности, содержащими все необходимые для животных вещества, такие как белки, углеводы, жиры, минеральные элементы и витамины.

Ключевые слова: комбикорма, промышленность, животноводство, энергозатраты.

E. L. Zhilich, S. A. Tsalko, Yu. N. Rogalskaya, V. V. Nikonchuk

*RUE "SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization"
Minsk, Republic of Belarus
E-mail: npc_mol@mail.ru*

**SET OF EQUIPMENT FOR THE PRODUCTION OF EASILY DIGESTIBLE
COMPOUND FEED FOR CATTLE OF DIFFERENT SEX AND AGE
GROUPS KOBK-1.5**

Abstract. Mixed fodder industry is called upon to execute one of the important national economic tasks, namely to increase the productivity of livestock farming, the rapid development of which is necessary to meet the growing needs of the population for basic food products and light industry stuffs for raw material. Successful development of stock-raising is possible on the basis of the developed and durable feed base, in creation of which mixed fodder industry plays a major role. It is designed to supply livestock farms with highly nutritious feed containing all the substances necessary for animals, such as proteins, carbohydrates, fats, minerals and vitamins.

Keywords: mixed fodders, industry, stock-raising, energy costs.

Введение

Интенсификация сельскохозяйственного производства на основе внедрения ресурсосберегающих технологий является стратегическим направлением, обеспечивающим прирост объемов производства всех видов

сельскохозяйственной продукции. Так на 1 января 2024 г. в хозяйствах всех категорий (в сельскохозяйственных организациях, крестьянских (фермерских) хозяйствах, хозяйствах населения) насчитывается 4,2 млн голов крупного рогатого скота. Хозяйствами всех категорий за 2023 г. произведено скота и птицы (в живом весе) 1780,7 тыс. тонн, из них крупного рогатого скота произведено 34,4 % от общего объема производства (в 2022 г. – 33,8 %). Производство молока составило 8331,2 тыс. тонн, что на 5,9 % больше уровня 2022 г. На долю сельскохозяйственных организаций приходится 98,2 % поголовья крупного рогатого скота, а также 97 % объема производства скота и птицы и 97,5 % производства молока [1]. Животноводческая отрасль до 2025 г. предусматривает увеличение валового производства молока до 12 млн тонн, продукции выращивания крупного рогатого скота – до 970 тыс. тонн. Производство намеченных объемов молока и мяса немыслимо без гарантированного обеспечения скота кормами. Наличие кормов и их качество являются основными условиями, определяющими эффективность производства молока и мяса. Так, достигнутые в 2023 г. результаты в молочной отрасли и производстве крупного рогатого скота являются следствием повышения качества основных видов кормов – сена, сенажа, силоса и концентрированных кормов. Вместе с тем наблюдаются высокие энергозатраты при производстве всех видов кормов в целом, что приводит к удорожанию животноводческой продукции и снижению намеченных объемов производства молока и мяса, к повышенному расходу концентратов для повышения качества травянистых кормов.

С учетом изложенного на ближайшую перспективу перед сельским хозяйством нашей страны ставится задача насыщения продовольственного рынка Беларуси доступными высококачественными мясными и молочными продуктами питания, что является одной из важных социально-экономических задач.

Основная часть

Полноценное кормление животных является основой для проявления их генетически обусловленного потенциала продуктивности и эффективной трансформации питательных веществ кормов в продукцию. Эффективное использование кормов, особенно высокоэнергетических – задача первоочередной важности.

Получение высокоэнергетических кормов достигается на крупных комбикормовых заводах путем применения технологии экструдирования зерновых культур. При этом способе обработки в зерне происходят значительные биохимические изменения: денатурация белка, клейстеризация крахмала, инактивация биологически активных веществ. Но этот процесс требует очень больших затрат электроэнергии. Поэтому массовый переход

крупных комбикормовых заводов на использование экструдирования зерновых компонентов будет происходить очень медленно [2, 3].

Производство высокоэнергетических комбикормов непосредственно в условиях хозяйства дает возможность сократить транзитные расходы на перевозку сырья и готовой продукции. Однако имеющийся в хозяйствах парк комбикормовых установок практически выработал свой технологический ресурс, что не позволяет в полной мере обеспечить растущие потребности животноводства хозяйства качественными биологически полноценными кормами.

В республике некоторые предприятия выпускают оборудование, предназначенное для выполнения отдельных технологических операций (молотковые дробилки, спиральные транспортеры, бункеры, смесители, норрии), но зачастую оно не увязано между собой как конструктивно, так и по производительности.

Опираясь на накопленный опыт, сотрудники РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработали базовый комплект оборудования для производства легкоусвояемого комбикорма для крупного рогатого скота различных половозрастных групп КОБК-1,5 производительностью 1,5 т/ч (рис. 1). Технологическая линия комплекта оборудования имеет следующее техническое оборудование:

- бункер (приемный), предназначен для приема зернофуража с самосвального транспортного средства, его накопления и перегрузки в норию для дальнейшей транспортировки по технологической линии;

- бункеры накопительные (зерновых компонентов) объемом 15 м³, предназначены для приема, накопления и хранения зерна и измельченного зерна;

- норрия, предназначена для транспортирования зерновых компонентов в вертикальном направлении согласно технологической схеме;

- дробилка пневматическая молотковая, производит забор зерновых компонентов или экструдата из бункеров, отделяет инородные примеси (камни, металлические предметы), измельчает продукт и транспортирует измельченные частицы в бункеры. В состав дробилки входит камера магнитного сепаратора, где происходит очистка зерносмеси от металлических примесей. В составе комплекта оборудования используются дробилки пневматические молотковые ДПМ-30 и ДПМ-11;

- экструдер, предназначен для переработки зерносмеси в легкоусвояемый экструдат. В состав комплекта оборудования входит экструдер ЭТР-700/55-КО;

- конвейеры винтовые, предназначены для приема и транспортирования компонентов согласно технологической схеме;

- смеситель, предназначен для приема порций исходных компонентов с дозированием по массе, взвешивания, смешивания их и выгрузки готовой смеси в конвейер;

– шнек-охладитель, производит охлаждение экструдата с 110 °С до 25 °С и подачу его в промежуточный бункер. Шнек-охладитель представляет собой конвейер, на крышке которого установлена вытяжка, соединяющаяся гибким шлангом с циклоном;

– охлаждение происходит воздушным потоком. Теплый воздух через воздухопровод выводится в циклон. Количество циркулирующего воздуха регулируется ручной заслонкой;

– промежуточный бункер, предназначен для приема и накопления экструдата и подачи его в дробилку. Бункер представляет собой сварную конструкцию. Выгрузной патрубок служит для непосредственного присоединения пневмозабора дробилки;

– узел микродозирования, предназначен для приема исходных компонентов (сухое молоко, соль, мел, премикс ПКР-1 или ПКР-2), взвешивания и дозированной выгрузки в технологическую линию.

Особенностью КОБК-1,5 стало внедрение технологии, основанной на воздействии электромагнитного поля (рис. 2) на трудноперевариваемые составляющие зернофуража [4, 5, 6].



Рис. 1. Комплект оборудования для производства легкоусвояемого комбикорма для крупного рогатого скота различных половозрастных групп КОБК-1,5 после монтажа



Рис. 2. Система воздействия электромагнитным полем на корм

Кроме того, были применены наработки, апробированные за последнее десятилетие технические решения по типоразмерным рядам комбикормовых цехов, а также линиям высокобелковых, минеральных и комплексных кормовых добавок производительностью от 1 до 10 т/ч, что позволяет уменьшить на 15 % расход электроэнергии, на 12 % расход зернофуража на единицу животноводческой продукции [7].

Преимущества и научно-техническая новизна такого цеха заключаются в сокращении сроков ввода в эксплуатацию, технической простоте и неприхотливости оборудования к условиям эксплуатации. Это повышает надежность данных машин, значительно сокращает расходы на монтаж и транспортировку, а также пусконаладочные работы.

В технологическом процессе подготовки любого компонента комбикорма можно выделить основные операции, обеспечивающие необходимые изменения исходных свойств компонентов и качественные показатели приготавливаемого корма либо позволяющие получить в процессе обработки заданные свойства отдельных компонентов. Это, прежде всего, операции, гарантирующие требуемый гранулометрический состав обрабатываемого компонента, точность дозирования компонентов и однородность получаемой кормосмеси.

Комплект оборудования выполняет в автоматическом режиме следующие операции:

- учет и контроль по весу поступающих компонентов;
- учет и контроль по весу готовой продукции;
- весовое дозирование компонентов согласно заданному рецепту;

- автоматизированное выполнение технологического процесса;
- автоматизированное управление и контроль над ходом технологического процесса и работой отдельных механизмов.

Управление работой комбикормового цеха осуществляется новой автоматизированной системой управления технологическим процессом (АСУ ТП) через многофункциональное компьютерное устройство, подключенное к электрошкафу. Оператор имеет возможность управлять механизмами и задачами в режиме реального времени, что упрощает контроль производственными процессами, все оборудование обслуживается практически одним оператором и рабочим. Сокращается время переналадки оборудования при смене рецептов в процессе производства корма и выполнения расчетов.

Комплект оборудования прошел предварительные и приемочные испытания на базе Республиканского производственного унитарного предприятия «Устье» НАН Беларуси (Витебская обл., Оршанский р-н, Устенский с/с, аг. Устье), показывает высокую эффективность его использования.

Заключение

Применение наработок, апробированных за последнее десятилетие технических решений и внедрение новой технологии, основанной на воздействии электромагнитного поля на трудноперевариваемые составляющие зернофуража, позволяет уменьшить на 15 % расход электроэнергии, на 12 % расход зернофуража на единицу животноводческой продукции.

Практический результат работы КОБК-1,5 показал, что данная разработка позволит получать качественные, сбалансированные высокоэнергетические комбикорма, затрачивая при этом наименьшее количество человеко-часов.

Список использованных источников

1. О производстве сельскохозяйственной продукции в январе-марте 2024 г. [Электронный ресурс] / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Режим доступа: https://www.belstat.gov.by/o-belstate_2/novosti-i-meropriyatiya/novosti/o_proizvodstve_selskokhozyaystvennoy_produktsii_v_yanvaremarte_2024_g_. – Дата доступа: 08.04.2024.
2. Афанасьев, В. А. Научно-практические основы тепловой обработки зерновых компонентов в технологии комбикормов: автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.18.01 / В. А. Афанасьев ; Всеросс. научн.-исслед. ин-т. – М., 2003. – 51 с.
3. Новиков, В. В. Исследование рабочего процесса и обоснование параметров пресс-экструдеров для приготовления концентратов: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / В. В. Новиков; ФГОУ ВПО «Самарская ГСХА». – Волгоград, 1987. – 55 с.
4. Зимин, Л. С. Методы оптимального проектирования систем индукционного нагрева / Л. С. Зимин // Алгоритмизация и автоматизация технологических процессов

и промышленных установок: межвузовский сборник научных трудов. – 1977. – Вып. 8. – С. 142–146.

5. Сухоцкий, А. В. Индукторы для индукционного нагрева / А. В. Сухоцкий, С. Е. Рыскин. – Л. : Энергия. – 1974. – 154 с.

6. Андреев, Ю. Н. Оптимальное проектирование тепловых агрегатов / Ю. Н. Андреев. – М.: Машиностроение. 1983. – 231 с.

7. Разработать базовый комплект оборудования и осуществить производство легкоусвояемого комбикорма для КРС различных половозрелых групп: отчет о НИР (заключ.) / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»; рук. темы Е. Л. Жилич. – Минск, 2024. – 45 с. – Инв. № 20221643.

Е. Л. Жилич, С. А. Цалко, Ю. Н. Рогальская, В. В. Никончук

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

АНАЛИЗ МОБИЛЬНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОРМОВ К СКАРМЛИВАНИЮ И РАЗДАЧИ

Аннотация. Результативность производства и объем животноводческой продукции напрямую зависят от уровня и качества кормления животных, а также сбалансированности рационов с учетом питательности кормов для различных групп животных. Поэтому анализ прогрессивных и перспективных направлений в мобильных технических средствах для раздачи концентрированных, жидких и комбинированных кормов требует изучения.

Ключевые слова: система электронного взвешивания, мобильные, корма, животноводство, измельчитель-смеситель-раздатчик кормов.

E. L. Zhilich, S. A. Tsalko, Yu. N. Rogalskaya, V. V. Nikonchuk

*RUE "SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization"
Minsk, Republic of Belarus
E-mail: npc_mol@mail.ru*

ANALYSIS OF MOBILE TECHNICAL TOOLS FOR PREPARATION OF FEED FOR FEEDING AND DISTRIBUTION

Abstract. The productivity of production and the volume of livestock products directly depend on the level and quality of animal feeding, as well as the balance of diets, taking into account the nutritional value of feed for various groups of animals. Therefore, analysis of progressive and promising trends in mobile technical means for distributing concentrated, liquid and combined feed requires study.

Keywords: electronic weighing system, mobile, feed, livestock farming, feed chopper-mixer-dispenser.

Введение

Полноценное и полнорационное кормление крупного рогатого скота на фермах и комплексах всегда было основополагающим фактором успешного развития продуктивного животноводства.

Эффективность кормления комбинированными кормами объясняется сочетанием в них отдельных концентрированных компонентов и микроэлементов. В связи с этим необходимо, чтобы технические средства выда-

вали заданное количество комбикорма индивидуально каждому животному или группе животных, в зависимости от рациона и в соответствии с зоотехническими требованиями [1].

В настоящее время на сельскохозяйственных предприятиях значительную роль в организации кормления играют различные машины и механизмы, которые позволяют повысить качество подаваемых кормов. К числу таких механизмов относятся мобильные измельчители-смесители-раздатчики кормов, способные заменить морально устаревшие стационарные технические средства и обеспечить приготовление многокомпонентных кормовых смесей при минимальных затратах.

Основными преимуществами мобильных технических средств являются их высокая производительность, низкая энергоемкость и материалоемкость, а также высокая эффективность использования кормов.

Основная часть

Главным показателем уровня развития технического прогресса в сельском хозяйстве является уровень механизации и автоматизации выполнения процессов путем применения инновационной техники, которая способствует снижению трудоемкости обслуживания животных и повышению эффективности труда.

Большим количеством зоотехнических исследований установлено, что кормление сельскохозяйственных животных, в частности, крупного рогатого скота должно происходить на основании потребности их организмов в конкретных питательных веществах. Простые концентрированные корма не в полной мере удовлетворяют потребности дойных коров в необходимых питательных веществах, так как имеют узкий перечень минеральных элементов, поэтому в рацион следует включать жидкие и комбинированные корма [2, 3]. Однако для скармливания разных по консистенции кормов на стационарных технических средствах применяют различные устройства.

Первым шагом к автоматизации кормления можно считать использование стационарных смесителей, где измельчаются и перемешиваются грубые корма. Но большая материалоемкость и энергоемкость стационарных кормосмесителей приводят к тому, что раздача корма производится либо вручную, либо дополнительными машинами.

Альтернативой стационарным техническим средствам являются мобильные измельчители-смесители-раздатчики кормов, с помощью которых можно не только измельчать и смешивать загружаемый из силосных траншей объемистый корм, но и раздавать полученную массу, а также благодаря наличию дополнительного (фрезерного или грейферного) оборудования

осуществлять погрузку корма. В последнее время стали появляться самоходные машины, оборудованные устройствами для приема и дозирования жидких видов кормов [4].

Мобильные технические средства, предназначенные для автоматизированной подачи концентрированных кормов, а также зерна и минералов, отличаются расположением шнеков (вертикальное или горизонтальное), наличием дополнительного оборудования для погрузки корма, прицепной или самоходной машиной, а также автоматизированной системой кормления.

Первым типом мобильных технических средств для приготовления и раздачи кормов являются придвижные кормораздатчики, которые представляют собой тележку с устройством для раздачи и специальным бункером для корма, где ингредиенты смешиваются непосредственно во время раздачи. В бункере таких устройств находятся режущие шнеки вертикального или горизонтального типа, также они могут комплектоваться системой самозагрузки и электронными весами. Данные мобильные технические средства передвигаются при помощи энергонасыщенных тракторов или монтируются на автомобильную раму вместо кузова (рис. 1).

Вторым типом устройств для раздачи кормов являются самоходные смесители-раздатчики кормов, которые представляют собой смеситель-миксер в виде бункера для кормов, установленный на специально разработанном шасси и имеющий самозагружающееся устройство в виде фрезы с лентой. Самоходные смесители-раздатчики кормов используются в основном на фермах с высокой производительностью и непрерывной эксплуатацией [5]. Такими кормораздатчиками являются большое количество универсальных моделей кормораздаточной техники различных фирм-производителей: KUNN, Totoma, RMH, Storti и множество других (рис. 2).



Рис. 1. Мобильные раздатчики кормов



Рис. 2. Самоходные смесители-раздатчики кормов

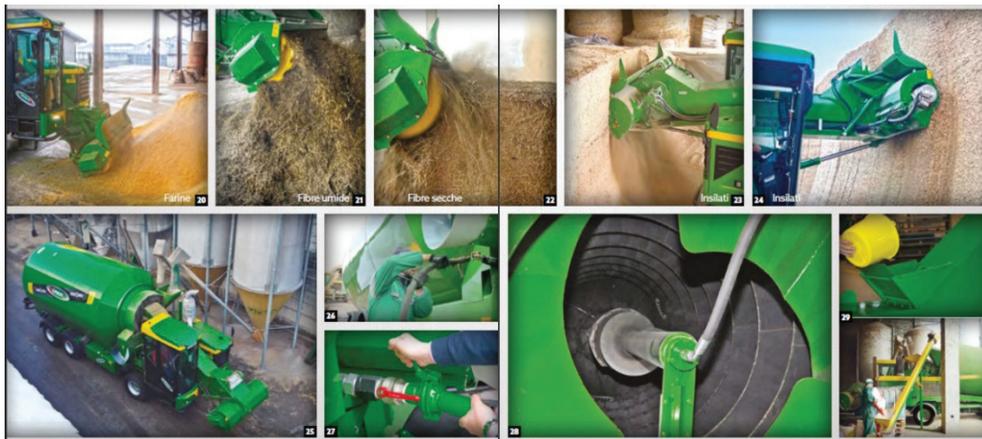


Рис. 3. Самоходный кормораздатчик BRAVO

Самоходный кормораздатчик BRAVO итальянской компании отличается тем, что корпус бункера-смесителя вращается, корм подается сверху и с помощью витков в виде спирали поступает ко дну бункера. В центре бункера установлен шнек, который вращается в направлении, противоположном направлению вращения бункера. Жидкие компоненты можно подавать через систему с быстроразъемным соединением (рис. 3).

Кормораздатчик BRAVO предназначен в основном для обслуживания большого количества животных, а именно 10–30 тыс. голов скота и более.

В последние годы в некоторых хозяйствах можно наблюдать третий тип мобильных технических средств – раздатчики ограниченной мобильности (рис. 4). Для таких раздатчиков характерно наличие в кормовом проходе либо над кормушками направляющих рельсов, по которым перемещается самоходная тележка с бункером и дозатором.

Данная техника предназначена для смешивания, доизмельчения, измельчения и дозированной выгрузки таких кормов, как силос, сенаж, сено, комбикорма, зерно, жидких компонентов, а также сложных видов кормосмесей. В сочетании с имеющимися на многих мобильных технических



Рис. 4. Роботизированная система кормления животных

средствах цифровыми системами электронного взвешивания как всего корма, так и отдельных компонентов это позволяет точно дозировать необходимое количества корма каждому животному. Установка на многих машинах систем самозагрузки, включающих фрезу и ленточный транспортер, позволяет получать одно из важных преимуществ.

Исходя из вышеизложенного использование универсальных мобильных технических средств и роботизированных кормораздатчиков различных производителей является актуальным в животноводстве.

Заключение

Анализ технических характеристик основных производителей кормораздаточной техники, занятой на животноводческих фермах, показал, что наиболее широко используются модели, отвечающие следующим требованиям:

- высокая пропускная способность при низких удельных энергозатратах;
- автоматизированное дозирование сухих и жидких компонентов кормосмесей в кормушку животным;
- низкая удельная металлоемкость;
- возможность использовать агрегат по габаритным размерам в существующих животноводческих фермах.

На основании вышеизложенного отметим, что мобильные измельчители-смесители-раздатчики кормов обеспечивают эффективное использование кормов, высокий уровень механизации и автоматизации, выполнение установленных зоотехнических требований, в данный момент времени являются актуальными мобильными техническими средствами и требуют дальнейшего изучения.

Список использованных источников

1. Белянчиков, Н. Н. Механизация животноводческих ферм и комплексов / Н. Н. Белянчиков, А. И. Смирнов. – М.: Колос, 1994. – 396 с.
2. Богдан, И. Индивидуальная выдача концентрированных кормов // Сельский механизатор. – 1999. – № 12. – С. 33.
3. Боярский, Л. Г. Технология кормов и полноценное кормление сельскохозяйственных животных: Учебное пособие / Л. Г. Боярский. – Ростов н/Д: Феникс, 2001. – 145 с.
4. Механизация в животноводстве: учебное пособие для студентов высших учебных заведений по специальностям 1-74 03 01 «Зоотехния», 1-74 03 02 «Ветеринарная медицина» и слушателей ФПКиПК / А. В. Гончаров [и др.]. – Витебск : ВГАВМ, 2019. – 265 с.
5. Ведищев, С. М. Анализ дозаторов кормов / С. М. Ведищев, А. Ю. Глазков, А. В. Прохоров // Вопрос современной науки и практики : сб. науч. работ / Тамбовский государственный технический университет им. В. И. Вернадского. – Тамбов, 2014. – С. 103–108.

О. М. Таврыкина¹, к. с.-х. н., доц., **Е. И. Громадская¹**,
Л. В. Семененко², к. т. н., **Е. Н. Кочик²**

¹ РУП «Центральный научно-исследовательский институт
комплексного использования водных ресурсов»
Минск, Республика Беларусь

² НИУ «Институт прикладных физических проблем имени А. Н. Севченко»
Белорусского государственного университета
Минск, Республика Беларусь

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ «ВОДООХРАННЫЕ ЗОНЫ» КАК ОСНОВА ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ В СФЕРЕ ОХРАНЫ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

Аннотация. Создана информационно-аналитическая система ИАС «Водоохранные зоны», содержащая пространственные и атрибутивные данные о поверхностных водных объектах республики, разработанных для них водоохранных зонах и прибрежных полосах, с возможностью получения и предоставления сведений для контроля и анализа деятельности в границах водоохранных зон и прибрежных полос.

Ключевые слова: водоохранная зона, прибрежная полоса, водный объект, географическая информационная система, информационно-аналитическая система, земельно-информационная система, комплекс программных средств.

О. М. Tavrykina¹, **A. I. Hramadskaya¹**, **L. V. Semenenko²**, **E. N. Kochik²**

¹ RUE “Central research institute for complex use of water resources”
Minsk, Republic of Belarus

² “A.N. Sevchenko Institute of Applied Physical Problems” of Belarusian State University
Minsk, Republic of Belarus

DEVELOPMENT OF THE INFORMATION-ANALYTICAL SYSTEM “WATER PROTECTION ZONES” AS THE BASIS FOR DIGITAL TRANSFORMATION IN THE FIELD OF SURFACE WATER PROTECTION

Abstract. An information-analytical system of the IAS “Water Protection Zones” has been created, containing spatial and attribute data on surface water bodies of the republic, water protection zones and coastal strips developed for them, with the possibility of obtaining and providing information for monitoring and analyzing activities within the boundaries of water protection zones and coastal strips.

Keywords: water protection zone, coastal strip, water body, geographic information system, information-analytical system, land-information system, software package.

Введение

Водоохранные зоны и прибрежные полосы относятся к природным территориям, подлежащим специальной охране, устанавливаются для поверхностных водных объектов в целях их сохранения от загрязнения, засорения и истощения. Выполнение правил осуществления хозяйственной и иной деятельности в водоохраных зонах и прибрежных полосах является главным фактором, направленным на обеспечение приоритета охраны вод и принципа комплексного использования водных ресурсов [1].

С целью создания единой платформы географических информационных систем, содержащих пространственные и атрибутивные данные о поверхностных водных объектах республики, водоохраных зонах (ВЗ) и прибрежных полосах (ПП) водных объектов с возможностью получения и предоставления сведений для контроля и анализа деятельности в границах ВЗ и ПП в рамках Государственной программы «Наукоемкие технологии и техника» в 2023 г. совместно НИИПФП им. А. Н. Севченко БГУ и РУП «ЦНИИКИВР» завершена разработка информационно-аналитической системы (ИАС) «Водоохранные зоны».

Основная часть

В системе собрана, верифицирована и обработана актуальная информация о поверхностных водных объектах раздела «Реестр поверхностных водных объектов Республики Беларусь» государственного водного кадастра: 14152 водотока (большие, средние, малые реки, ручьи, каналы), 8272 водоема (озера, водохранилища, пруды), 1177 родников [2]. ИАС «Водоохранные зоны» содержит пространственные данные о границах и местоположении водных объектов, согласованные с данными земельно-информационной системы Республики Беларусь (ЗИС). Атрибутивные данные включают протяженность водотоков, площадь поверхности воды (для водотоков и водоемов), географические координаты истока и устья водотоков, родников, а также полный перечень утвержденных границ ВЗ и ПП, их площади, данные об объектах загрязнения, расположенных в границах ВЗ и ПП, информацию о проводимых мероприятиях, направленных на сохранение поверхностных водных объектов, зонах отдыха, записей об аренде водных объектов.

ИАС «Водоохранные зоны» состоит из следующих комплексов программных средств (КПС):

- КПС ведения цифрового реестра водных объектов;
- КПС актуализации каталога ВЗ и ПП;
- КПС мониторинга по результатам обработки данных дистанционного зондирования земли (ДЗЗ);

- КПС ведения пространственных данных;
- КПС поддержки процесса контроля нарушений;
- КПС информационно-аналитического обеспечения;
- КПС ведения метаданных;
- мобильная версия.

КПС ведения цифрового реестра водных объектов обеспечивает ведение тематического векторного слоя картографической основы водных объектов Беларуси, который является базовым источником информации о водных объектах (их классификации в соответствии с Водным кодексом Республики Беларусь) для разработчиков проектов (корректировки) водоохранных зон и прибрежных полос, а также для иных организаций, заинтересованных в получении достоверной информации о водных объектах, в том числе на этапе подготовки проектной документации при проектировании и строительстве объектов, подлежащих экологической экспертизе, для обоснования непричинения ущерба окружающей среде при решении спорных вопросов, касающихся классификации поверхностных водных объектов, а также для геопортала земельно-информационной системы Республики Беларусь.

Ведение пространственной информации о границах водных объектов осуществляется согласно административным районам и городам областного подчинения – водные объекты, расположенные в нескольких административных единицах, разделены на водные объекты в рамках района (ВОВР). В рамках КПС ведения цифрового реестра водных объектов обеспечивается сохранение в системе исторической пространственной информации о границах ВОВР.

КПС актуализации каталога ВЗ и ПП разработан с целью перевода границ водоохранных зон и прибрежных полос в единую цифровую систему пространственных данных, обеспечения возможности поддержания в актуальном состоянии информации о границах водоохранных зон и прибрежных полос, объектах загрязнения, расположенных в их границах, а также для повышения качества данных (точность пространственных данных, согласованность границ водоохранных зон и прибрежных полос с классификацией водных объектов, систематизация информации об объектах загрязнения) (рис. 1). Кроме этого, КПС актуализации каталога ВЗ и ПП обеспечивает возможность проведения анализа пространственной и атрибутивной информации о водоохранных зонах, прибрежных полосах, объектах загрязнения.

КПС актуализации каталога ВЗ и ПП предусматривает ведение границ водоохранных зон и прибрежных полос и истории их изменения, ведение и управление структурированной информацией об объектах загрязнения, включая перечень рекомендуемых мероприятий, а также позволяет выполнять анализ данных по водоохранным зонам и объектам загрязнения.

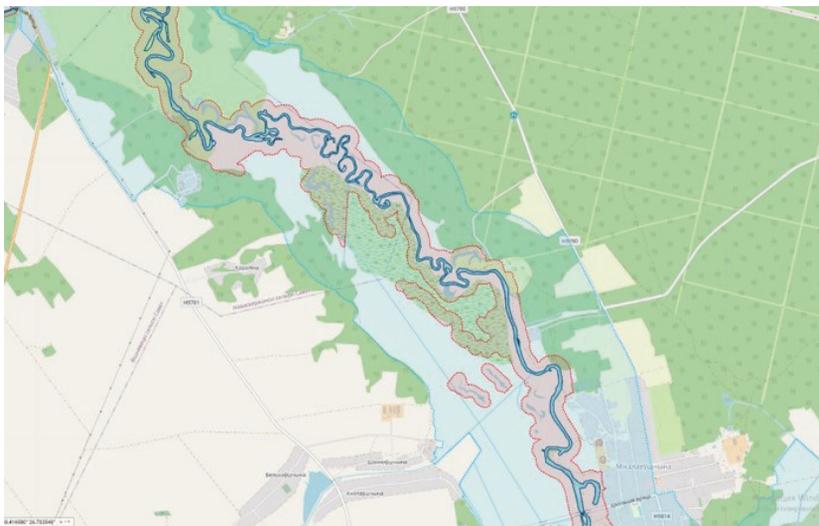


Рис. 1. Пространственные данные границ ВЗ и ПП водного объекта (водотока) в ИАС «Водоохранные зоны»

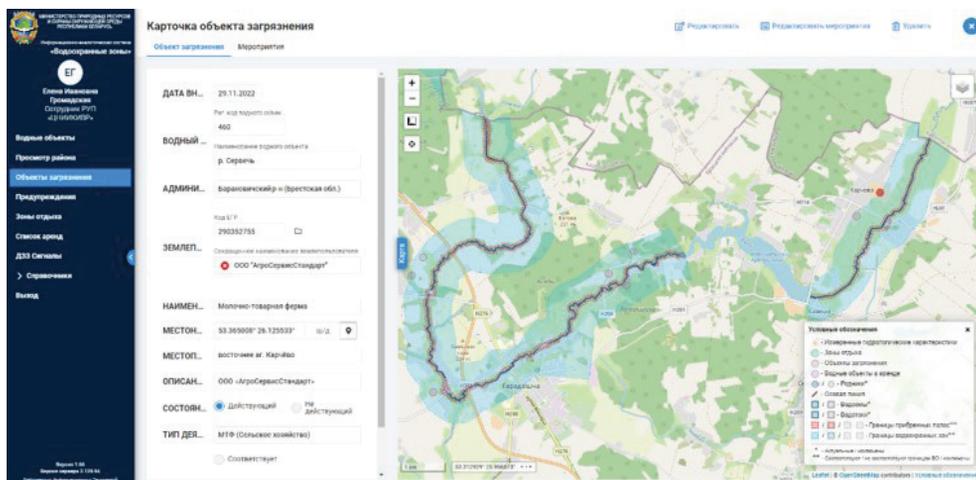


Рис. 2. Карточка объекта загрязнения в ИАС «Водоохранные зоны»

При просмотре списка объектов загрязнения отображается краткая информация: наименование, тип деятельности, водный объект, состояние. Просмотр подробной информации об объекте загрязнения представлен в виде карточки.

В карточке объекта загрязнения отображаются характеристики объекта загрязнения, водоохранные мероприятия, водный объект, описание землепользователя: краткое и полное наименование, код ЕГР, состояние, пространственные данные на карте (относящиеся к данному объекту): координаты объекта, текущие границы водоохранной зоны, прибрежной полосы (рис. 2).

КПС мониторинга на основе данных ДЗЗ разработан для получения данных ДЗЗ, их предварительной и тематической обработки, формирования предупреждений, направленных на контроль хозяйственной деятельности в рамках границ ВЗ и ПП, заверения предупреждений оператором мониторинга данных ДЗЗ [3]. Дешифрование появляющихся потенциальных объектов загрязнения в границах ВЗ и ПП производится на основе данных Белорусской космической системы дистанционного зондирования.

КПС ведения пространственных данных обеспечивает возможность ведения векторных тематических слоев и совместного пространственного анализа информации, ведущейся в КПС ведения цифрового реестра водных объектов, КПС актуализации каталога ВЗ и ПП, выявленных предупреждений на основе данных ДЗЗ, загруженных векторных тематических слоев.

КПС поддержки процесса контроля нарушений предназначен для логического контроля качества учетных данных путем формирования предупреждений для пользователей. Разработана система предупреждений, включающая информирование об изменении границ водного объекта (для последующей оценки границ ВЗ и ПП), о необходимости внесения осевой линии для водотока, о необходимости уточнения субъекта хозяйствования для объекта загрязнения, связанного с изменениями его статуса в Едином государственном регистре юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, а также предупреждение о том, что требуется проведение проверки выполнения водоохранного мероприятия.

КПС информационно-аналитического обеспечения предназначен для проведения различного рода отборов, получения сводной информации и выгрузки данных с целью ее использования во внешних информационных системах.

На платформе ИАС «Водоохранные зоны» возможен широкий ряд пользовательских запросов и просмотра данных – содержимого справочников, границ водных объектов и их характеристик, ВЗ и ПП водных объектов, просмотр истории границ ВЗ и ПП в рамках карточки водного объекта, объектов загрязнения и проводимых мероприятий для них, пространственных данных по району, а также просмотр списка приложенных файлов (пояснительная информация) и предупреждений.

КПС ведения метаданных обеспечивает сопоставимость взаимосвязанных данных. В данном комплексе происходит ведение справочников, задающих единые принципы для описания водных объектов, записей об аренде и объектов загрязнения.

Мобильная версия программного обеспечения реализована в виде мобильного приложения для операционной системы Android и позволяет просматривать на карте пространственную информацию о границах вод-

ных объектов, водоохранных зон, прибрежных полос, объектов загрязнения, рекомендуемые мероприятия для отдельных объектов загрязнений, определять местонахождение устройства и отображать его на карте.

Заключение

Таким образом, ИАС «Водоохранные зоны» является современной, содержательной, удобной цифровой платформой, содержащей актуальные данные о поверхностных водных объектах республики, границах ВЗ и ПП, объектах загрязнения и возможностью процесса контроля деятельности в границах ВЗ и ПП в части как проводимых природоохранных мероприятий, так и несанкционированных действий с использованием средств ДЗЗ.

Использование современных технологий (Web, ГИС, мобильные и облачные решения) при создании ИАС «Водоохранные зоны» позволяет обеспечить на новом уровне организацию основных процессов контроля и анализа деятельности в водоохранных зонах с участием пользователей Минприроды всех уровней, начиная от районных инспекций, и предоставляет возможность их работы в едином информационном пространстве, в том числе с целью повышения эффективности выполнения контрольных функций.

ИАС «Водоохранные зоны» обеспечила создание баз качественных пространственных и атрибутивных данных по водным объектам и водоохранным зонам Республики Беларусь и новой инфраструктуры их ведения с возможностями предоставления информации для всех субъектов республики, предоставление для проведения анализа и принятия управленческих решений широкому кругу пользователей комплексных оперативных атрибутивных и пространственных данных по основным функциональным характеристикам водных объектов, водоохранных зон и прибрежных полос и объектам их загрязнения.

Список использованных источников

1. Водный кодекс Республики Беларусь : 30 апр. 2014 г. № 149-З : принят Палатой представителей 2 апр. 2014 г. : одобр. Советом Респ. 11 апр. 2014 г. : в ред. Закона Респ. Беларусь от 17.07.2023 г. // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2024.

2. Государственный водный кадастр. Реестр поверхностных водных объектов Республики Беларусь [Информационный ресурс]: Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь // РУП «ЦНИИКИВР». – 2024. – Режим доступа: <http://195.50.7.216:8081/watres/request/>.

3. Опыт внедрения методов и технологий автоматизации процессов экологического мониторинга с использованием спутниковых данных и систем искусственного интеллекта / Л. В. Семененко [и др.] // Материалы 21-й Международной конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». – М. : ИКИ РАН, 2023. – С. 106. DOI 10.21046/21DZZconf-2023a.

Д. И. Комлач, Е. Л. Жилич, Ю. Н. Рогальская, В. В. Никончук

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

ИССЛЕДОВАНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА СТАДА

Аннотация. В статье дана общая характеристика используемых в республике систем идентификации и измерения хозяйственно-биологических параметров дойного стада. Приведены результаты испытания системы идентификации и контроля физиологического состояния животных ИКФС «МАЙСТАР», разработанной РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» совместно с отечественным производителем оборудования для молочно-товарных ферм ООО «Полиэфир Агро». Проведен сравнительный анализ функциональных возможностей и эксплуатационных характеристик испытываемой системы с зарубежным аналогом.

Ключевые слова: идентификация коров, контроль физиологического состояния животных, транспондер, программно-аппаратный комплекс, управление стадом, хозяйственно-биологические параметры, двигательная активность, руминация, охота.

D. I. Komlach, E. L. Zhilich, Yu. N. Rogalskaya, V. V. Nikonchuk

*RUE "SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization"
Minsk, Republic of Belarus
E-mail: npc_mol@mail.ru*

RESEARCH ON IMPROVING THE DOMESTIC HERD MANAGEMENT SYSTEM

Abstract. The article provides a general description of the identification and measurement systems used in the republic of the economic and biological parameters of the dairy herd. The results of testing the system of identification and control of the physiological state of animals of the ICFS "MAISTAR", developed by the RUE "SPC of the National Academy of Sciences of Belarus for Agricultural Mechanization" together with the domestic manufacturer of equipment for dairy farms LLC "Polyester Agro", are presented. A comparative analysis of the functionality and operational characteristics of the system under test with a foreign analogue is carried out.

Keywords: identification of cows, control of the physiological state of animals, transponder, software and hardware complex, herd management, economic and biological parameters, motor activity, rumination, appetite.

Введение

В настоящее время в мировой практике молочного скотоводства все большее значение придается контролю физиологического состояния животных, который осуществляется при помощи адаптивных систем идентификации и измерения хозяйственно-биологических параметров коров.

Такие системы, как правило, интегрированы с доильным оборудованием. При этом удельный вес средств электронной идентификации и компьютеризированной системы управления стадом в общей стоимости оборудования достигает 70 % [1].

Применение распределительных систем идентификации и контроля предусматривает использование индивидуальных транспондеров (транспондеров), а также наличие централизованных систем обработки данных, считываемых с транспондеров антеннами, закрепленными в обусловленных дальностью приема-передачи сигнала местах. Такой подход позволяет проводить комплексную оценку измеренных показателей двигательной активности, руминации и охоты, их сопоставления с продуктивностью и скоростью молокоотдачи у коров. Ведущие производители оборудования для доения коров и управления стадом стремятся получить полный контроль над каждой коровой путем онлайн регистрации и централизованной обработки полученных данных с последующей выработкой технологических решений, которые направляются непосредственно менеджеру, оператору или специалисту фермы в виде рекомендаций к действию по отношению к конкретной корове [2, 3].

Основная часть

Системы менеджмента стада, базирующиеся на электронной идентификации и компьютеризированном учете индивидуальных хозяйственно-биологических параметров животных, успешно внедряются в область скотоводства ведущими производителями данного вида техники.

Ряд производителей предлагает к применению комплексные системы управления движением стада, включающие селекционные ворота, автоматизированное доильное оборудование, измерители потока молока, автоматизированные раздатчики кормов, специальное программное обеспечение, а также аппаратные и программные средства управления (АСУ). Автоматизированные системы управления стадом разрабатываются и поставляются в Республику Беларусь компаниями “DeLaval” (Швеция, доильный зал MidiLine) и “GEA” (Германия, доильный зал DairyProQ), “SCR” (Израиль, доильный зал ОАО «Гомельагрокомплект»), “DairyMaster” (Ирландия), хотя на данный момент сдержаны санкциями [4].

В данных системах информация обрабатывается программой управления фермой, что обеспечивает полный контроль над всеми технологическими и физиологическими процессами. Как в отечественной системе, так и в зарубежных аналогах обмен данными осуществляется в режиме реального времени [4].

В качестве базового устройства используются респондеры, рескаунтеры или транспондеры, которые осуществляют обмен данными с программой

управления фермой и обеспечивают полный контроль над всеми технологическими и физиологическими процессами.

Системы интегрированного управления производственными процессами зарубежного производства могут функционировать только в комплекте с фирменными контроллерами для отдельных технологических операций, что практически исключает возможность модернизации оборудования без постоянной замены комплектующих. Кроме того, сбор и анализ информации о надоях, потреблении корма, показателях воспроизводства осуществляется согласно стандартам стран производителей. Системы управления не формируют базу данных, пригодную для использования в отечественных автоматизированных программах крупномасштабной селекции [5].

Информационное обеспечение технологических процессов молочного предприятия является важнейшим показателем уровня его технического развития. Углубление уровня информатизации и автоматизации в молочном скотоводстве имеет огромное значение, проявляющееся через повышение производительности труда, улучшение качества молочных продуктов, оптимальное использование производственных ресурсов и др.

С целью повышения уровня информационного обеспечения и автоматизации ряда технологических процессов на молочно-товарных фермах лабораторией механизации процессов производства молока и говядины РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» совместно с ООО «Полиэфир АГРО» разработан и создан программно-аппаратный комплекс системы идентификации и контроля физиологического состояния животных (ИКФС «МАЙСТАР»).

Комплекс предназначен для автоматического сбора сведений о физиологическом состоянии и хозяйственно-биологических параметрах животных, программного анализа полученных данных, которые предоставляются пользователю через интерфейс компьютерной программы в простом для восприятия виде через удобную в использовании систему отчетов и графиков, а также в виде конкретных предупреждений и рекомендаций к действию.

Система идентификации и контроля физиологического состояния животных (ИКФС) работает как автономно, так и совместно с автоматизированной системой доильного зала. ИКФС состоит из транспондеров, закрепленных на ошейниках коров, приемников и компьютерной программы, обрабатывающей полученные данные. ИКФС обеспечивает централизованный компьютерный учет и систематизацию полученных данных о состоянии и параметрах коров, контроль над физиологическими показателями каждого животного в стаде, группировку их по различным показателям, отслеживание динамики влияния факторов и мероприятий.

В качестве основного элемента системы используется индивидуальный датчик – трансивер (транспондер). Транспондер производства ООО «Полиэфир АГРО» – идентификационное устройство с большим набором функций. Транспондер устанавливается на ремне ошейника коровы и обеспечивает непосредственное измерение физиологических параметров коровы, первичную обработку и обмен данными с системой через приемные антенны, расположенные в помещениях фермы и на выгулах.

Базовая функция транспондера – это идентификация коровы в доильном зале, селекционном устройстве, кормовой станции и др. Каждое устройство имеет собственный уникальный номер. Он также предназначен для снятия, формирования и передачи данных о физиологическом состоянии животного, а именно о двигательной активности, прыжках, руминации и температуре. Транспондер позволяет осуществлять передачу данных в реальном времени, имеет внутреннюю память, возможность заряда внутренней батареи и проверки уровня ее заряда в отчетах программы ПК «МАЙСТАР». Транспондер нечувствителен к помехам из окружающей среды и внешних источников. Срок службы данного устройства при соблюдении простых правил эксплуатации составляет 8 лет.

ИКФС обеспечивает выявление охоты 24/7 с отображением оптимального времени для осеменения, а также отслеживает поведение (стояние, лежание, движение) и жвачку, по которым можно определять факторы, влияющие на продуктивность и здоровье коров. Адаптивность системы обеспечивается не только за счет технических параметров измерительных элементов транспондера, но и обусловлена широкими возможностями программного обеспечения. Собственный электронный модуль транспондера обеспечивает накопление, первичную обработку измеряемых показателей и периодическую передачу в виде компактного пакета информации при минимальных энергозатратах, что позволяет увеличить срок эксплуатации системы. При этом транспондер производства ООО «Полиэфир АГРО» имеет важное преимущество, которое заключается в возможности периодической подзарядки при помощи беспроводного устройства.

Сравнительные испытания ИКФС «МАЙСТАР» проводились на базе молочно-товарного комплекса «Заболоть» УО СПК «Путришки» Гродненского района. В ходе испытаний показатели системы сравнивались с показателями системы зарубежного производителя ALLFLEX (SCR), широко применяемой на предприятиях Республики Беларусь. Система имеет большой спектр технологических возможностей, позволяет достоверно выявлять половую охоту у коров, контролировать состояние и поведение животных и может быть использована в качестве объекта для сравнения.

Для проведения сравнительных испытаний была отобрана опытная группа из 17 здоровых новотельных коров, аналогичных по своим хозяй-

ственно-биологическим параметрам и сроку хозяйственного использования. Транспондеры ИКФС «МАЙСТАР» и Heatime ALLFLEX (SCR) были закреплены на отдельных ошейниках коров. Приемники обеих систем были размещены в коровниках комплекса в аналогичных для приема данных условиях. Взаимного влияния сигналов транспондеров различных систем в ходе исследования не наблюдалось. Обе системы работали в штатном режиме и обеспечивали свои функции в соответствии с техническими характеристиками. Сравнение эффективности работы двух систем проводилось путем анализа информации с двух программ управления стадом и первичной информации зоотехнического учета на исследуемой ферме.

По результатам сравнительных испытаний было установлено, что обе системы обеспечивают достоверное выявление половой охоты у коров, которая подтверждалась данными об осеменении в первичной документации и результатами опроса специалистов и персонала фермы. По утверждению сотрудников, предупреждения, выданные компьютерными программами обеих систем, совпадали с результатами визуального наблюдения за животными, которые в активной фазе стадии полового возбуждения демонстрировали повышенную двигательную активность, а в дальнейшем проявляли рефлекс неподвижности. Оценка качества выделений из половых путей исследуемых животных также подтверждала достоверность определения половой охоты у подопытных коров каждой из сравниваемых систем. Отсутствие полового возбуждения в соответствующий период следующего полового цикла и полученные позже положительные результаты диагностики стельности также косвенно свидетельствуют о достоверности определения половой охоты у подопытных животных.

Для оценки достоверности выявления охоты у коров были проанализированы график двигательной активности и руминации по обеим системам, а в системе ИКФС «МАЙСТАР» дополнительно использовался график количества прыжков. В ходе испытаний анализировались и сравнивались отклонения указанных показателей, которые в период полового возбуждения на графиках двух систем четко обозначались в виде так называемого «ромба», состоящего из высокого пика двигательной активности и ярко выраженного минимума на графике руминации. На рис. 1, 2 показаны графики двигательной активности и руминации одной из подопытных коров в аналогичный период времени на ПО «МАЙСТАР» и ПО Data Flow 2.

Графики позволяют провести детальный анализ изменения измеряемых показателей и определить наиболее благоприятное время для осеменения, которое, по утверждению ряда исследователей, как правило, составляет 8–12 часов после пика двигательной активности. Дополнительный контроль достоверности осуществлялся путем анализа периода от предыдущих охот и осеменений по графикам и отметкам об осеменении в программе управления стадом и первичной документации на ферме.

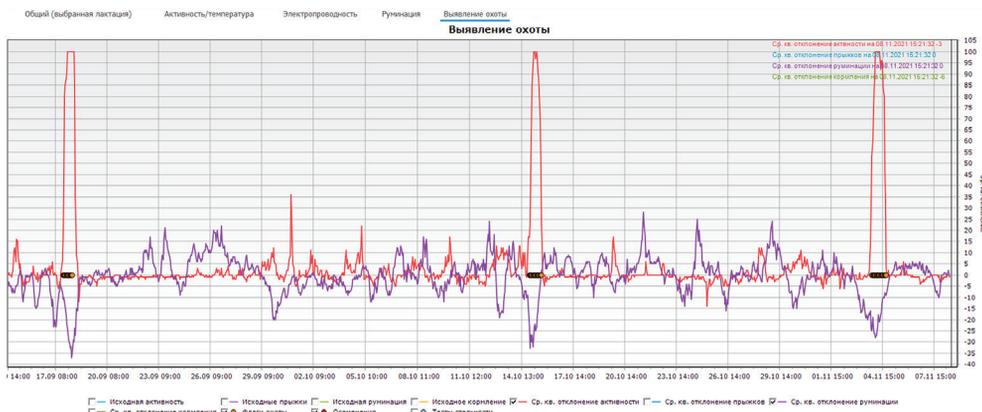


Рис. 1. Окно программы «ИКС» с графиками двигательной активности и руминации



Рис. 2. Окно программы Data Flow 2 с графиками двигательной активности и руминации

В то же время, как показали результаты испытаний, при использовании системы ИКС «МАЙСТАР» в ряде случаев необходимость использования графиков в каждодневной практике техника по искусственному осеменению отпадает, поскольку программа в нескольких местах выдает пользователю предупреждение о наступившей половой охоте. Такие предупреждения пользователь видит при обращении к вкладке «Ежедневник» и непосредственно в основном списке коров стада в виде специальных символов. Результаты наблюдений показали, что такие предупреждения система ИКС «МАЙСТАР» выдает пользователю на несколько часов раньше, чем система, взятая для сравнения. Такой эффект достигается за счет того, что на графиках обеих систем пользователь не видит непосредственных результатов измерений. Программа демонстрирует результат статистической обработки эмпирических данных по специальному алго-

ритму, который обеспечивает распознавание и сглаживание нетипичных и случайных отклонений и показывает достоверные изменения измеряемых параметров. Оригинальный алгоритм обработки данных в программе ИКФС «МАЙСТАР» обеспечивает более раннее, но не менее достоверное выявление охоты по трем показателям вместо двух у системы зарубежного производителя. Данное преимущество особенно важно для ферм и комплексов, где коров осеменяют в расположенных в зоне доильного зала социальных боксах, куда животные попадают через селекционные ворота. Такой способ выделения коров по времени привязан к графику доения и графику работы осеменатора, поэтому, в зависимости от времени начала половой охоты, здесь возможно либо слишком раннее, либо слишком позднее осеменение. В данном случае более раннее определение охоты способствует повышению эффективности осеменений.

Заключение

Таким образом, сравнительные испытания показали, что разработанная совместно лабораторией механизации процессов производства молока и говядины РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» и ООО «Полиэфир АГРО» система идентификации и контроля физиологического состояния животных (ИКФС «МАЙСТАР») обеспечивает достоверное определение половой охоты у коров в реальных производственных условиях и является эффективным инструментом, обеспечивающим необходимый уровень воспроизводства стада. Своевременное выявление охоты у коров позволит не только увеличить выход телят и сократить сервис-период, но и за счет повышения эффективности осеменения уменьшить негативные последствия раннего осеменения, к которому вынуждены прибегать специалисты, не имеющие возможности точного определения половой охоты у коров. Возможность осеменения в оптимальные сроки объективно будет способствовать формированию устойчивой кривой лактации по стаду, увеличит производство молока и сократит количество непродуктивных кормо-дней.

Список использованных источников

1. Калимулина, Э. Д. «Умная ферма» как инновационное направление развития цифровизации молочного скотоводства / Э. Д. Калимулина, Д. Ф. Капранова, М. А. Куркина // Инновационные подходы развития экономики: проблемы, тенденции, перспективы : сборник трудов Международной студенческой научно-практической конференции, Орел, 23–24 мая 2023 г. / под общ. ред. Н. И. Прока. – Орел : Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина, 2023. – С. 75–78.
2. Интеллектуальная система управления и обеспечения эффективного производства продукции молочного скотоводства умной фермы / Ю. А. Иванов [и др.] // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2019. – Т. 20, № 1. – С. 57–67.

3. Ухина, А. Е. Система «Умная ферма» в цифровом сельском хозяйстве / А. Е. Ухина, Е. И. Гриднева, А. А. Андрианов // Молодежный вектор развития аграрной науки : материалы 73-й национальной научно-практической конференции студентов и магистрантов, Воронеж, 01 апреля – 31 мая 2022 г. / Воронежский государственный аграрный университет. Том Часть III. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2022. – С. 169–174.

4. Моделирование пространственного развития: «умная ферма де Лаваль» / С. А. Доронина [и др.] // Общество, государство, личность: молодежное предпринимательство в поведенческой экономике в условиях цифровизации : материалы XXI Международной научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, Казань, 29 апреля 2021 г. Ч. 1. – Казань : Университет управления «ТИСБИ», 2021. – С. 208–212.

5. Цифровые технологии в сельском хозяйстве / К. Дадебаев [и др.] // Современная наука и технологии: тенденции и перспективы развития : сборник статей Международной научно-практической конференции, Петрозаводск, 10 ноября 2022 г. – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская И. И.), 2022. – С. 269–274.

Е. Л. Жилич, Ю. Н. Рогальская, В. В. Никончук

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: npc_mol@mail.ru

ПРИНЦИПЫ РАЗВИТИЯ РОБОТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ДОЕНИЯ

Аннотация. В статье рассмотрены технологические принципы развития роботизированных систем доения. Ошибкой в анализе эффективности применения роботизированных систем является их оценка с точки зрения экономии трудозатрат, особенно на предприятиях, где роботом пытаются заменить неквалифицированный и плохо мотивированный персонал. Однако за счет применения роботизированных систем невозможно уменьшить общий фонд заработной платы, поскольку для эксплуатации таких систем требуются специалисты с гораздо более высоким уровнем квалификации и соответствующим уровнем оплаты труда. Поэтому при разработке собственной концепции развития роботизированного доения необходимо принимать наиболее простые недорогие, универсальные решения, которые могут применяться в рамках любой технологической концепции и конфигурации оборудования с высоким уровнем унификации, взаимозаменяемости, ремонтнопригодности и эксплуатационной устойчивости.

Ключевые слова: молочное скотоводство, доильное оборудование, унификация, роботизированная система, трудозатраты, технология, монобокс, платформа, карусель, параллель.

E. L. Zhilich, Yu. N. Rogalskaya, V. V. Nikonchuk

RUE "SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization"

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: npc_mol@mail.ru

PRINCIPLES OF DEVELOPMENT OF ROBOTIC MILKING SYSTEMS

Abstract. The article discusses the technological principles of the development of robotic milking systems. An error in analyzing the effectiveness of the use of robotic systems is their assessment in terms of labor savings, especially in enterprises where unskilled and poorly motivated personnel are trying to replace a robot. However, due to the use of robotic systems, it is impossible to reduce the total salary fund, since the operation of such systems requires specialists with a much higher level of qualification and an appropriate level of remuneration. Therefore, when developing your own concept for the development of robotic milking, it is necessary to take the simplest, inexpensive, universal solutions that can be applied within any technological concept and equipment configuration with a high level of unification, interchangeability, maintainability and operational stability.

Keywords: dairy cattle breeding, milking equipment, unification, robotic system, labor costs, technology, monobox, platform, carousel, parallel.

Введение

Мировой опыт молочного скотоводства сохраняет устойчивую тенденцию развития роботизированного доения как одного из перспективных направлений, обладающих целым рядом преимуществ. В то же время результаты, полученные на фермах и комплексах Беларуси, вынуждают задумываться над необходимостью выработки объективных критериев оценки эффективности и трансформации подходов, которые должны быть направлены на устойчивое развитие роботизированного доения, адаптированного к условиям Республики Беларусь. Для этого необходимо четко сформулировать технологические принципы инженерных решений, применяемые при разработке новых роботизированных систем доения.

Основная часть

В практике молочного скотоводства при использовании роботизированных систем доения сформировались две противоположные тенденции. Первая заключается в том, что на успешных сельскохозяйственных предприятиях с высоким уровнем менеджмента молочного стада применение роботизированного доения оправдывает себя по технологической эффективности и результатам экономической деятельности. Вторая тенденция наблюдается на предприятиях с невысокими производственно-экономическими показателями, где не удается увеличить производительность труда пропорционально увеличению дополнительных затрат. В результате инвестиции, направленные на приобретение дорогостоящей техники и оборудования, не позволяют создавать добавленную стоимость и не возвращаются в виде дополнительной прибыли, достаточной для покрытия издержек, связанных с закупкой и эксплуатацией нового дорогостоящего оборудования [1].

Ошибкой в анализе эффективности применения роботизированных систем является их оценка с точки зрения экономии трудозатрат, особенно на предприятиях, где роботом пытаются заменить неквалифицированный и плохо мотивированный персонал. При этом необходимо учитывать, что общий фонд заработной платы не может быть уменьшен, поскольку для эксплуатации таких систем требуются специалисты с гораздо более высоким уровнем квалификации и соответствующим уровнем оплаты труда. Основным преимуществом роботизированного доения является системный подход к организации технологии производства молока, обеспечивающий возможность существенного повышения продуктивности и срока хозяйственного использования животных за счет инновационных принципов доения в сочетании с новыми, отличными от традиционных, технологическими решениями, которые реализуются на базе комплексного использования автоматизированных систем измерения хозяйственно-биоло-

гических параметров животных, а также многофункциональных программ управления стадом и оборудованием.

Роботизированное доение может осуществляться по трем вариантам. Первый вариант предполагает доение в секции для беспривязного содержания коров, второй вариант реализуется в специальном доильном зале, третий предполагает доение в помещении для привязного содержания коров [2].

Применение роботизированных доильных систем, размещенных в помещении с беспривязным содержанием коров, обуславливает особую организацию в содержании животных. Размер группы соответствует производительности «робота». Необходимо правильно организовать условия для рационального трафика животных, включая систему ограждений для прохода коров на дойку и к кормовому столу, режим кормления и др. Для этого роботизированные системы доения снабжаются различным периферийным оборудованием, таким как сортировочные ворота, которые позволяют сортировать животных, «отправлять» их на пастбище, на лечение и т. д.

Технология применения монобоксов является одной из самых проработанных на рынке оборудования. Использование специализированных устройств для подготовки коровы к доению, подключения аппарата и обработки вымени после доения только для одного доильного места позволяет проводить данные операции максимально быстро и физиологично.

В то же время концепция монобокса является одним из самых технически сложных и дорогих вариантов реализации процесса доения. Функциональное наполнение монобокса в некоторых случаях выглядит избыточным, что в сочетании со сложностью организации трафика приводит к тому, что один дорогостоящий робот доит одну корову, в лучшем случае, за 7 минут [3]. Крупные размеры отечественных ферм требуют установки большого количества монобоксов, в результате стоимость доильного оборудования существенно увеличивается. Кроме того, каждый бокс, оборудованный собственным манипулятором, требует своевременного дорогостоящего обслуживания и ремонта.

Альтернативой монобоксу служит сдвоенный бокс, который является более бюджетным решением. В то же время конфигурация по определению вымени менее функциональна и не обеспечивает удвоения производительности по сравнению с монобоксом. Зачастую одна корова, уже находясь в боксе, ожидает, пока робот подключит другую корову, зашедшую в параллельный бокс чуть раньше.

Необходимо также отметить, что размещение боксов любой конфигурации в помещении для содержания животных обуславливает необходимость решения проблем, возникающих в холодное время года в связи с микроклиматом.

Доение в зале с использованием манипуляторов, осуществляемое на роторных доильных установках, является одним из привлекательных техниче-

ских решений. Производительность такой конфигурации позволяет обслуживать животных при различных вариантах посещения [4, 5]. Однако использование данной конфигурации по определению ограничено на крупных комплексах с групповым доением. При этом возможности увеличения количества доильных мест ограничены производительностью манипуляторов.

Необходимость использования специализированных манипуляторов с высокой скоростью быстрого действия и сложной системой динамической ориентации существенно усложняет и удорожает конструкцию, а достаточно длительные остановки роторной платформы, необходимые для подключения аппарата, не позволяют увеличивать производительность оборудования. Размещение и фиксация животных на платформе также представляет собой сложную инженерную задачу. Для отечественных сельхозпредприятий немаловажным фактором является сложность ручного проведения операций в ограниченном пространстве, свободном от оборудования, размещенного внутри платформы.

Исходя из вышесказанного, в настоящее время роторный зал «Карусель» более пригоден для группового роботизированного доения на крупных фермах и комплексах, в том числе и с поточно-цеховой системой технологии производства молока, что является перспективным решением для крупных предприятий Республики Беларусь и ближнего зарубежья. В существующей конфигурации роторная установка оборудована роботами-манипуляторами на каждом доильном месте, что позволяет добиться максимальной производительности, необходимой для крупных комплексов. Технические подходы и инженерные решения, отработанные в конструкции монобокса, легко переносятся на данную конфигурацию доильной установки, что формирует хорошие условия для взаимозаменяемости и ремонтпригодности. В то же время наличие роботизированных манипуляторов в количестве, соответствующем доильным местам, приводит к ощутимому удорожанию как самой установки, так и последующего сервиса. Стоимость доильного оборудования на одну корову в такой конфигурации зачастую превышает даже моноблочное исполнение. При этом каждый манипулятор потенциально имеет риск поломки, оперативное устранение которой связано со значительными затратами. Такие роторные залы с использованием небольшого числа свободных манипуляторов не предлагаются производителями доильного оборудования в настоящее время.

Доение в доильном зале предполагает необходимость устройства проходов и накопителей, оборудованных несколькими сортировочными воротами, что на практике представляется достаточно сложным решением.

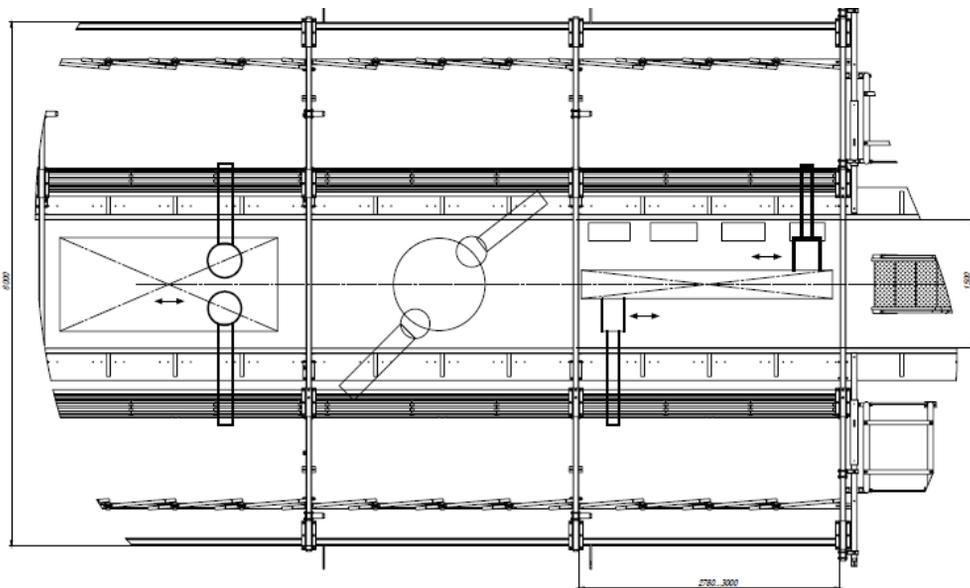
Также в настоящее время зарубежными производителями выпускаются передвижные роботы. Передвижной робот разработан специально для ферм с привязным содержанием коров и выполнен в виде устройства, пере-

мещаемого вдоль коровника. Такая конфигурация сформирована по принципу монобокса и имеет основные его недостатки. При этом существующая конструкция выглядит достаточно громоздкой по причине использования механизмов для перемещения бокса и фиксации животных во время доения. Фиксация осуществляется сзади коровы, когда робот находится в слепой зоне животного, что требует приучения и вызывает стресс. Кроме того, использование данного типа роботов, как и в случае с монобоксом, требует поддержания определенного температурного режима в коровнике в зимний период.

Исходя из вышеизложенного, а также с учетом имеющихся доильных установок в Республике Беларусь, сотрудниками лаборатории механизации процессов молока и говядины совместно с ООО «Полиэфир Агро» предложено три варианта для роботизированной доильной установки «Параллель» (рис. 1).

Вариант 1. Автономный передвижной робот. Подключение основных и вспомогательных рабочих органов на каждом доильном месте. На каждом месте установлен магазин инструментов (доение, обработка вымени, дезинфекция стаканов).

Вариант 2. Стационарный уравновешенный манипулятор с 5 и более степенями подвижности. Подключение основных и вспомогательных рабочих органов на каждом доильном месте. Рабочая зона манипулятора –



Вариант 1

Вариант 2

Вариант 3

Рис. 1. Компонировочные решения использования системы позиционирования для роботизированной доильной установки «Параллель»

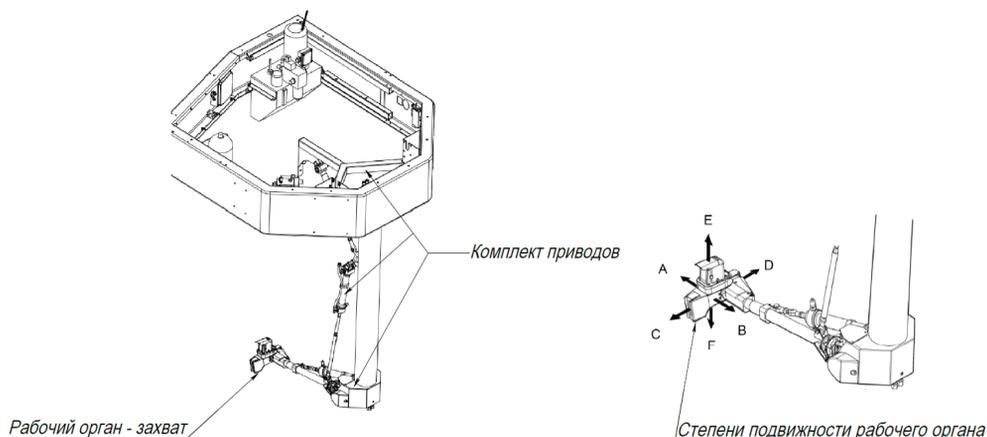


Рис. 2. Компоновочные решения вариантов расстановки системы позиционирования в доильном боксе

секция станочного оборудования. На каждом месте установлен магазин инструментов (доение, обработка вымени, дезинфекция стаканов).

Вариант 3. Исполнительный модуль с тремя степенями подвижности. Подключение основных и вспомогательных рабочих органов на каждом доильном месте. Рабочая зона манипулятора – сторона секции станочного оборудования. На каждом месте установлен магазин инструментов (доение, обработка вымени, дезинфекция стаканов).

Во всех вариантах управление адаптивное.

Также было рассмотрено компоновочное решение расстановки системы позиционирования в доильном боксе (рис. 2).

По результатам проведенного анализа необходимо отметить, что функциональность некоторых систем роботизированного доения выглядит несколько избыточной для отечественного рынка, что влечет за собой удорожание оборудования. Поэтому при разработке систем роботизированного доения необходимо принимать наиболее простые, универсальные решения, которые могут применяться в рамках любой конфигурации оборудования с высоким уровнем унификации (в том числе использования отдельных узлов для модернизации существующих доильных установок разного типа), взаимозаменяемости, ремонтпригодности.

Заключение

В основу концепции инженерных решений, используемых в системах роботизированного доения, положена конфигурация оборудования, которая предполагает реализацию тех или иных подходов, в первую очередь, к техническому обеспечению процессов подготовки коровы к доению, под-

ключения аппарата (доильного стакана), собственно доения, а также финиша процесса, включая отключение аппарата (стаканов) и обработку вымени (сосков) после доения.

По результатам проведенного анализа необходимо отметить, что функциональность наиболее продвинутых систем роботизированного доения выглядит несколько избыточной для отечественного рынка, что влечет за собой необоснованное удорожание оборудования. Поэтому при разработке собственной концепции развития роботизированного доения необходимо принимать наиболее простые, недорогие универсальные решения, которые могут применяться в рамках любой технологической концепции и конфигурации оборудования с высоким уровнем унификации (в том числе использования отдельных узлов для модернизации существующих доильных установок разного типа), взаимозаменяемости, ремонтпригодности и эксплуатационной устойчивости.

Список использованных источников

1. Кухарь, В. С. Система менеджмента качества для экономической стабильности предприятий в условиях экономической интеграции / В. С. Кухарь, С. Б. Исмурапов, И. М. Донник // *Аграрный вестник Урала*. – 2016. – № 10. – С. 86–90.
2. Лоретц, О. Г. Управление затратами при производстве молока в хозяйстве / О. Г. Лоретц, Г. Ю. Симйонка, О. Е. Лиходеевская // *Аграрный вестник Урала*. – 2015. – № 2. – С. 88–90.
3. Скворцов, Е. А. Кадровый аспект внедрения робототехники в сельском хозяйстве / Е. А. Скворцов // *Аграрный вестник Урала*. – 2016. – № 2. – С. 99–105.
4. Цой, Ю. А. Функционально-стоимостной анализ роботизированных систем и выбор альтернативных вариантов добровольного доения коров / Ю. А. Цой, В. В. Кирсанов, А. П. Петренко // *Техника и оборудование для села*. – 2014. – № 8 (206). – С. 33.
5. Кирсанов, В. В. Направления совершенствования исполнительных механизмов доильных установок / В. В. Кирсанов, С. И. Щукин, В. Н. Легеза // *Достижения науки и техники АПК*. – 2010. – № 1. – С. 64–65.

Н. Г. Бакач, к. т. н., доцент, **А. Н. Перепечаев**, к. т. н., доцент,
В. И. Володкевич, **А. В. Шах**

РУП «НАЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: shach85@mail.ru

НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОЗДАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ПЕРСПЕКТИВНЫХ МАШИН

Аннотация. В статье рассмотрено научное обеспечение создания перспективных средств механизации для сельскохозяйственного производства в Республике Беларусь.

Ключевые слова: система машин, структура парка, мобильные энергетические средства, научное обеспечение, перспективные средства механизации.

N. G. Bakach, PhD, Assoc. Prof, **A. N. Perepechaev**, PhD, Assoc. Prof,

V. I. Volodkevich, **A. V. Shakh**

RUE "SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization"

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: shach85@mail.ru

SCIENTIFIC SUPPORT FOR THE CREATION OF PROMISING MECHANIZATION TOOLS FOR AGRICULTURAL PRODUCTION BASED ON THE IMPLEMENTATION OF A SYSTEM OF ADVANCED MACHINES

Abstract. the article considers the scientific support for the creation of promising mechanization tools for agricultural production in the Republic of Belarus.

Keywords: machine system, fleet structure, mobile energy facilities, scientific support, promising means of mechanization.

Введение

Научное обеспечение создания перспективных средств механизации для сельского хозяйства в Республике Беларусь осуществляется в рамках реализации принятого программного документа – Системы перспективных машин и оборудования для реализации инновационных технологий производства и первичной переработки основных видов продукции растениеводства и животноводства на 2021–2025 годы и на период до 2030 года (Система машин).

В ней учтены предложения отраслевых научно-практических центров и институтов Национальной академии наук Беларуси, предприятий-изготовителей Министерства промышленности, организаций и ведомств Министерства сельского хозяйства и продовольствия, комитетов по сельскому хозяйству и продовольствию облисполкомов; организаций, имущество которых находится в частной собственности [1].

Изложение основного материала исследования

Система машин отражает целевые показатели, предусмотренные Государственной программой Республики Беларусь «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы» [2], мировые тенденции развития технических средств для механизации технологических процессов в АПК и предложения ведущих организаций – изготовителей сельскохозяйственной техники [3].

Система машин в полной мере отражает научно-техническую политику Республики Беларусь, оценивает достигнутый уровень и определяет перспективы применения перспективных средств механизации для реализации инновационных технологий в растениеводстве и животноводстве.

В ней заложен ряд тенденций в части разработки и освоения производства перспективной сельскохозяйственной техники на основе:

- повышения мощности энергетических средств, грузоподъемности транспортных машин, пропускной способности уборочных комбайнов;
- повышения производительности на основе увеличения ширины захвата прицепных и навесных машин, способных работать на повышенных скоростных режимах;
- выявления и устранения «узких мест» в механизации отдельных и взаимосвязанных технологических процессов;
- повышения технических и эксплуатационных свойств каждой машины с целью эффективного ее применения.

Система машин включает 755 наименований средств механизации, в том числе для растениеводства 611 и для животноводства – 144. Необходимо разработать 69 наименований (около 9 %) и освоить в производстве 39 (5,4 % общего количества) (табл. 1).

Основу парка машин и оборудования для реализации инновационных технологий производства продукции растениеводства в Системе машин представляют мобильные энергетические средства (МЭС) (табл. 2). В сельскохозяйственных организациях по состоянию на 01.01.2024 они насчитывают около 50,1 тыс. ед., при этом тракторы различного назначения составляют из них около 35,8 тыс. ед. (72,3 %), зерноуборочные комбайны – 7,9 тыс. ед. (около 15,6 %), кормоуборочные комбайны – 3,8 тыс. ед. (7,4 %) и остальная группа МЭС – 2,4 тыс. ед. (4,7 %).

Таблица 1. Технологические комплексы машин и оборудования для реализации перспективных технологий производства и первичной переработки основных видов сельскохозяйственной продукции

Наименование технологических процессов	Предусмотрено наименований машин и оборудования, единиц	В том числе		
		разработка	освоение производства	серийное производство
Технологические комплексы общего назначения				
Агрегатирование сельскохозяйственных машин	22	5	2	15
Погрузка сельскохозяйственных грузов	28	-	-	28
Транспортировка сельскохозяйственных грузов всего, в т.ч.: автомобильным транспортом	99	-	1	98
многофункциональными и тракторными прицепами	31	-	-	31
Внесение органических удобрений	68	-	1	67
Внесение минеральных удобрений	23	-	2	21
Основная и предпосевная обработка почвы	15	2	1	12
Посев зерновых, зернобобовых и мелкосемянных культур	88	11	1	76
Уход за посевами и посадками сельскохозяйственных культур	28	1	5	22
Уход за посевами и посадками сельскохозяйственных культур	21	1	1	19
Технологические комплексы для уборки и послуборочной доработки зерна				
Уборка и послуборочная доработка	69	1	-	68
Очистка, хранение и пропаривание зерна и семян	17	-	-	17
Технологические комплексы для заготовки кормов из трав и силосных культур				
Скашивание и провяливание трав	27	4	-	23
Заготовка прессованного сена	20	3	4	13
Заготовка сенажа и силоса на хранение	18	-	-	18
Заготовка сенажа с упаковкой в полимерную пленку	18	2	3	13
Технологические комплексы для заготовки льнотресты и льносемян				
Уборка льна на семена	4	2	-	2
Уборка льнотресты	12	-	2	10

Технологические комплексы для заготовки картофеля						
Посадка и уход за посадками	28	7	4	4	17	
Уборка и хранение	42	4	2	2	36	
Технологические комплексы для заготовки овощей						
Посев	5	-	-	-	5	
Уход за посевами	2	1	-	-	1	
Уборка	6	-	-	-	6	
Послеуборочная доработка	2	-	2	2	-	
Технологические комплексы для заготовки сахарной свеклы						
Посев	10	1	-	-	9	
Уборка	5	3	2	2	-	
Транспортировка и погрузка корнеплодов	2	2	-	-	-	
Технологические комплексы для получения молока и мяса говядины						
Содержание животных	13	-	1	1	12	
Приготовление, транспортировка и раздача корма	39	1	-	-	38	
Досение коров и охлаждение молока	41	4	4	4	33	
Технологические комплексы для содержания свиней						
Содержание животных и обеспечение микроклимата	12	-	1	1	11	
Кормление животных	10	-	-	-	10	
Технологические комплексы для удаления навоза и производства биогаза						
Удаление навоза с ферм и комплексов	13	1	1	1	11	
Производство биогаза	16	13	-	-	3	
ИТОГО	755	69	39	39	647	

Таблица 2. Динамика структуры мобильных энергетических средств в организациях АПК Республики Беларусь

Наименование мобильных энергетических средств	2019 г.		2020 г.		2021 г.		2022 г.		2023 г.	
	наличие, ед.	%								
Мобильные энергетические средства, всего	55445	100	54385	100	52915	100	51502	100	50991	100
В том числе:										
тракторы общего назначения	38969	70,3	38110	70,1	37159	70,3	36222	70,3	35834	70,3
тракторы специальные для мелиоративных и культуртехнических работ	1223	2,2	1150	2,1	1100	2,1	1062	2,1	1008	2,0
энергетические средства с шинными-оболочками низкого давления	895	1,6	899	1,7	895	1,7	934	1,8	962	1,9
опрыскиватели самоходные	388	0,7	421	0,7	483	0,9	539	1,0	629	1,2
косилки самоходные	140	0,3	120	0,2	109	0,2	100	0,2	91	0,2
зерноуборочные комбайны	8797	15,9	8681	16,0	8270	15,6	7902	15,3	7978	15,6
кормоуборочные комбайны	4137	7,5	4132	7,6	4045	7,6	3926	7,6	3760	7,4
свеклоуборочные комбайны	296	0,5	290	0,5	271	0,5	251	0,5	225	0,4
теребилки льна самоходные	176	0,3	167	0,3	163	0,3	157	0,3	147	0,3
оборачиватели-очесыватели лент льна	51	0,1	51	0,1	51	0,1	51	0,1	53	0,1
оборачиватели лент льна	270	0,5	263	0,5	266	0,5	256	0,5	225	0,4
пресс-подборщики для льна	103	0,2	101	0,2	103	0,2	102	0,2	79	0,2

В структуре парка тракторов сельскохозяйственного назначения класс 5–6 мощностью 250 и более л. с. занимает 21,3 % (около 7,5 тыс. ед.), класс 3–4 мощностью от 150 до 180 л. с. – 4,1 % (1,4 тыс. ед.), класс 2 мощностью 120–130 л. с. – 20,8 % (около 7,3 тыс. ед.) и класс 0,6–1,4 мощностью от 30 до 100 л. с. – 53,8 % (18,9 тыс. ед.). При этом тракторы отечественного производства, в основном ОАО «Минский тракторный завод», составляют около 93,9 % (33,1 тыс. ед.), стран ближнего зарубежья (АО «Санкт-Петербургский тракторный завод», Россия) – 2,8 % (0,9 тыс. ед.) и дальнего зарубежья («Джон Дир», «Фендт» и «Нью Холанд») – только 3,3 % (около 1,1 тыс. ед.).

В области обработки почвы Системой машин предусмотрена разработка типоразмерного ряда оборотных плугов до 12 корпусов к тракторам различного тягового класса. За трехлетний период освоения производства на ДП «Минойтовский ремонтный завод» выпущено более 1160 ед. 8-корпусных оборотных плугов. Совместно с ОАО «Минский завод шестерен» ведутся работы по созданию плуга навесного оборотного 4-корпусного с изменяемым центром масс (*прототип – плуг итальянской фирмы Pietro M*). Разработан и освоен в производстве луцильник дисковый ромбовидный ЛДР-9, выпуск по которому освоен в полном объеме. В продолжение работ по данному направлению в рамках хоздоговорной тематики совместно с ОАО «Щучинский ремонтный завод» ведется разработка луцильника дискового шириной захвата 12 метров со 100 % локализацией производства.

Для посева сельскохозяйственных культур совместно с ОАО «Колядичагромаш» создана сеялка механическая шириной захвата 6 метров СЗМТ-6 (*импортный прототип – сеялка D9-6000 фирмы Amazone (Германия)*) к тракторам класса 2 с уровнем локализации производства 95 %, позволяющая повысить уровень механизации на посеве культур до 15 %.

На уборке зерновых и зернобобовых культур в Систему машин включено семейство комбайнов с пропускной способностью до 24 кг/с. К настоящему времени в республике используется около 7,8 тыс. ед. зерноуборочных комбайнов, из которых комбайны с пропускной способностью свыше 12 кг/с составляют около 18 % (1,4 тыс. ед.). В структуре парка комбайны отечественного производства (ОАО «Гомсельмаш» и ОАО «Лидсельмаш») составляют около 85,6 % (6,7 тыс. ед.), стран ближнего зарубежья (Российская Федерация) – 1,1 % (0,05 тыс. ед.) и дальнего зарубежья – 13,3 % (1,2 тыс. ед.) (табл. 3). Около 60 % парка зерноуборочных комбайнов (4,7 тыс. ед.) эксплуатируется свыше нормативного срока.

В области заготовки травянистых кормов основным аспектом является повышение их качества, для чего в Системе машин предусмотрен комплекс машин для заготовки кормов, включающий косилки-плющилки шириной захвата от 3 до 6 метров; пресс-подборщик для прессования в крупнога-

Таблица 3. Динамика распределения комбайнового парка по пропускной способности

Марка	Год												
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023			
КЗС-7	133	80	47	36	34	31	18	11	12	12			
Bizon	46	33	27	24	13	10	4	—	—	—			
Лидла-13 00	580	455	359	307	234	185	139	80	44	33			
Итого: 6–8 кг/с	759	568	433	367	281	226	161	91	56	45			
КЗР-10													
КЗС-10К	2941	2698	2327	2024	1687	1408	1143	824	569	442			
Дон-1500	501	431	329	307	258	213	180	112	73	48			
Case MDW	25	17	16	13	13	13	13	15	11	12			
Claas Dominator	4	3	3	3	3	—	—	—	—	—			
Claas Medion	10	6	6	5	5	—	—	—	—	—			
Acros-530	142	114	140	139	136	129	116	99	81	53			
прочие	39	27	18	37	31	30	24	22	20	20			
Итого: 8–10 кг/с	3662	3296	2839	2528	2133	1793	1476	1072	754	575			
ClaasMega	206	208	188	188	179	182	179	169	150	133			
Case CF-80	53	50	45	39	33	30	23	22	16	9			
КЗС-1218	5320	5438	5447	5431	5608	5645	5917	5794	5761	5734			
Лидла-1600	195	188	183	169	160	141	110	78	38	19			
Итого: 10–12 кг/с	5774	5884	5863	5827	5980	5998	6229	6063	5965	5895			
John Deere	274	270	268	267	260	257	252	256	252	233			
Claas Lexion	379	386	382	377	370	371	378	375	384	579			
New Holland	38	38	43	42	55	58	77	85	81	109			
КЗ-14 (КЗС-1624, КЗС-1420, КЗС-2124, КЗС-3219)	7	7	16	16	24	30	36	48	81	437			
Итого: св. 12 кг/с	698	701	709	702	709	716	743	764	798	1358			
ВСЕГО	10893	10449	9844	9424	9103	8733	8609	7990	7573	7873			

баритные прямоугольные тюки; платформу с манипулятором для перевозки тюков и рулонов; на базе самоходного шасси «Амкодор 352» агрегат со сменными адаптерами для закладки на хранение и выгрузки кормов из хранилищ; на базе трактора «Беларус 3522» агрегат для распределения и уплотнения силосной массы в траншеях; прицепы грузоподъемностью 15 и 20 тонн на унифицированном двух- и трехосном шасси. Для повышения качества заготавливаемого корма (исключение попадания в корм земли и других посторонних предметов) совместно с ОАО «Управляющая компания холдинга «Лидсельмаш» разработан отечественный аналог граблей-валкователей гребенчатых ГВГ-9,5 (*импортный прототип – грабли V-Twin 950 Super фирмы ELHO (Финляндия)*) с уровнем локализации производства 80 %, в том числе позволяющие повысить уровень механизации в заготовке кормов на 25 %. Ведется разработка ленточного валкообразователя, применение которого позволит: формировать один большой валок без потери качества каждые 9, 18, 27, 36 и 45 метров. Использование на дальнейшей уборке силосоуборочных комбайнов мощностью 800–1000 л. с. позволит существенно сэкономить топливо и обеспечить необходимую загрузку комбайна.

В области возделывания и послеуборочной доработки картофеля разработан весь перспективный комплекс машин и оборудования для механизации его производства, позволяющий обеспечить полную механизацию процессов от посадки картофеля до предреализационной его подготовки.

В области механизации работ в садоводстве в соответствии с разработанной Системой машин предусмотрено создание и освоение производства садовых опрыскивателей, комбайнов для уборки ягод и косточковых культур, линии сортировки яблок и другой техники. В настоящее время разработаны линия для автоматической сортировки яблок, которая установлена и эксплуатируется в РУП «Гродненский зональный институт по растениеводству», комбайн для уборки ягод КПЯ и совместно с ООО «Селагро» – опрыскиватель садовый для ягодников ОП-2 с уровнем локализации производства 90 %. В 2023 г. совместно с ООО «Селагро» велась разработка и внедрение в производство агрегата для механического удаления кроны ягодных кустарников.

В области животноводства совместно с ООО «Полиэфир АГРО» разработан и освоен в производстве первый отечественный программно-аппаратный комплекс системы идентификации и контроля физиологического состояния животных (ИКФС), который обеспечивает централизованный компьютерный учет и систематизацию параметров, контроль физиологических показателей каждого животного в стаде, группировку их по различным показателям, отслеживание динамики влияния факторов и мероприятий. Совместно с ООО «Полиэфир АГРО» осуществляется разработка

ка программно-аппаратного комплекса и исполнительных механизмов роботизированной системы доения (системы позиционирования роботизированных исполнительных органов), являющейся центральным звеном роботизированных доильных установок.

Заключение

Приобретаемая хозяйствами сложная и дорогостоящая техника по ряду причин не всегда имеет высокую эффективность, в том числе из-за нарушения агросроков и технологических регламентов проведения работ, несоответствия структуры парка машин его количественному составу. Как следствие, удельные затраты труда на производство сельскохозяйственной продукции в 1,3–1,5 раза выше показателей высокоразвитых стран Западной Европы. Поэтому реализация Системы машин будет способствовать снижению данных показателей на 20–25 % и обеспечению проведения работ в оптимальные агрозоотехнические сроки.

Список используемых источников

1. Система перспективных машин и оборудования для реализации эффективных технологий производства и первичной переработки основных видов продукции растениеводства и животноводства на 2021–2025 и на период до 2030 года : (методические рекомендации) / Нац. акад. наук Беларуси [и др.]. – Минск : Беларуская навука, 2024. – 118 с.
2. Государственная программа развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2021–2025 годы : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 1 февр. 2021 г., № 59 : офиц. изд. – Минск, 2021. – 115 с.
3. Комлач, Д. И. Становление и развитие отечественного сельхозмашиностроения за период новейшей истории Беларуси. Проблемы и пути решения / Д. И. Комлач, Л. Я. Степук // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве : материалы междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 75-летию образования РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» (Минск, 20–21 окт. 2022 г.) / редкол.: П. П. Казакевич [и др.]. – Минск : Беларуская навука, 2022. – С. 12–18.

А. Н. Перепечаев, И. С. Пылило, С. П. Колешко

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: pan-sl@yandex.ru

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
МАКЕТНОГО ОБРАЗЦА УСТРОЙСТВА
ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПЛОТНОСТИ ЛЬНОТРЕСТЫ
С САМОХОДНЫМ ПРЕСС-ПОДБОРЩИКОМ ПЛС-1**

Аннотация. В статье приводятся результаты применения устройства для регулирования скорости камеры прессования в зависимости от исходного состояния ленты льна, а также приводится сравнение с базовой конструкцией пресс-подборщика.

Ключевые слова: лен, льнотреста, плотность, контроль плотности, производительность, технология, пресс-подборщик, пресс-камера, автоматизация.

A. N. Perepechaev, I. S. Pylilo, S. P. Koleshko

RUE "SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization"

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: pan-sl@yandex.ru

**EXPERIMENTAL STUDIES OF A PROTOTYPE DEVICE FOR FORMING
FLAX TRUST DENSITY WITH A SELF-PROPELLED BALER PLS-1**

Abstract. The article presents the results of using a device to regulate the speed of the bale chamber depending on the initial state of the flax sliver, and also provides a comparison with the basic design of the baler.

Keywords: flax, flax trust, density, density control, productivity, technology, baler, press chamber, automation.

Введение

В технологическом процессе механизации производства льна важное место занимает прессование льнотресты. Качественное и своевременное выполнение этой операции влияет в последующем на эффективность работы линий выработки льноволокна.

Исходная линейная плотность ленты льна определяется урожайностью тресты культуры и рабочей шириной захвата теребивильного аппарата льноуборочной машины, формирующего ленту. Фактическая урожайность льнотресты в условиях Беларуси изменяется от 2 до 6 т/га, но чаще составляет 3–4,5 т/га, или 0,3–0,45 кг/м². Рабочая ширина захвата льноуборочных

машин, с которого формируется лента, находится в пределах 1,2–1,65 м. Поэтому линейная плотность исходной ленты льна составляет обычно от 0,36 до 0,75 кг/м п. При этом она, как показывает практика, непостоянна по длине ленты, так как стебли различаются по высоте и плотности размещения на различных участках поля. Для получения требуемой линейной плотности по длине ленты в рулоне ее необходимо уплотнить в 2,7–8,3 раз, т. е. практически в поле необходимо сформировать новую ленту из расчета 1 м с 2–9 м длины ее исходной ленты [1]. При этом, в идеальном варианте, механизм ее формирования должен обеспечить непрерывный и зависимый от плотности подымаемой ленты процесс ее уплотнения.

В настоящее время прессование льнотресты ведется прицепными и самоходными пресс-подборщиками льна, такими как ПРЛ-150 и его модификации, ППУ-165, ПРС-1 “Dehondt” и ПЛС-1,5 “Depoortere”.

На всех перечисленных пресс-подборщиках используются два основных способа привода исполнительных механизмов: механический (изменение скорости подбирающего барабана и скорости прессовальных ремней производится посредством установки сменных звездочек) и гидравлический.

Пресс-подборщики с механическим приводом могут сформировать требуемый слой только за счет изменения поступательной скорости агрегата. В результате изменяется объем поступающего в пресс-камеру сырья за единицу времени. Но с увеличением рабочих скоростей увеличивается растянутость стеблей в рулоне, ухудшаются равномерность расположения и параллельность в ленте, что в дальнейшем приводит к потерям длинного волокна при переработке.

Во втором случае возможно управление процессом прессования во время работы. Так, на самоходном пресс-подборщике ПРС-1 имеется система оперативного управления рабочим процессом из кабины оператора.

В прицепном пресс-подборщике ППЛ-1 скорость подбирающего барабана и транспортирующих лент устанавливается на блоке управления соответственно передаче, на которой будет двигаться трактор, а скорость прессовальных ремней задается исходя из фактической урожайности льна, веса 1 м п. ленты на поле и требуемой линейной плотности слоя в рулоне.

Устранение недостатков применяемых пресс-подборщиков возможно за счет совершенствования конструкций рабочих органов и установки автоматизированных систем, которые позволят обеспечить в режиме реального времени отслеживание параметров слоя льнотресты, поступающей в пресс-камеру, и производить автоматическую подстройку режимов работы механизмов прессования для обеспечения заданных параметров слоя тресты в рулоне.

Основная часть

С целью автоматизации процесса уплотнения слоя льнотресты в процессе прессования было изготовлено устройство контроля плотности льнотресты УФПЛ (рис. 1).



Рис. 1. Конструкция устройства контроля плотности льнотресты

Принцип работы устройства формирования плотности льнотресты УФПЛ заключается в том, что опорное колесо перемещается в вертикальной плоскости и копирует ленту льна, а информация об изменении ее толщины передается через линейный потенциометр на модуль аналогового вывода, который впоследствии изменяет скоростной режим работы ремней пресс-камеры для создания требуемой плотности слоя льна. Изменение требуемых настроек при работе УФПЛ производится программируемой панелью оператора.

Макетный образец УФПЛ был установлен на пресс-подборщике льна самоходном ПЛС-1 (рис. 2).

Перед началом испытаний был произведен замер скорости ремней прессовальной камеры. В соответствии со скоростью ремней были установлены режимы работы пресс-камеры.

Далее режимы работы пресс-камеры были введены в программируемую панель (сигнал управления) (рис. 3). В программируемой панели есть два способа формирования рулона пресс-подборщика ПЛС-1: ручной и автоматический.

В ручном способе оператор сам выбирает режим работы пресс-камеры в зависимости от урожайности льнотресты на поле.

В автоматическом способе макетный образец УФПЛ выбирает режим работы пресс-камеры в зависимости от толщины ленты льна.



Рис. 2. Устройство формирования плотности льнотресты установленное пресс-подборщике ПЛС-1: 1 – кронштейны; 2 – прижим; 3 – тяги; 4 – опорное колесо; 5 – линейный потенциометр; 6 – программируемая панель; 7 – модуль аналогового вывода



Рис. 3. Настройки программируемой панели макетного образца УФПЛ

В ходе испытаний был откалиброван датчик макетного образца УФПЛ в зависимости от толщины ленты. Датчик откалиброван таким образом, что через каждые 10 см производился замер толщины ленты и на одном метре выводилось среднее значение. В программируемую панель, в таблицу настройки скорости пресс-камеры, ввели максимальное значение толщины ленты в процентах. В процессе прессования блок управления сам изменял скорость прессовальной камеры в зависимости от толщины ленты (см. таблицу).

**Установленные режимы работы пресс-камеры
в зависимости от датчика толщины ленты**

Толщина исходной ленты, мм	Режимы работы пресс-камеры, %	Скорость ремней, м/мин
70	45	45
60	39	41
50	33	36
40	27	30
30	21	22
20	15	16
10	9	12
0	3	8

С целью исследования равномерности массы ленты в рулоне выбирались соседние ленты длиной по 40 м, на которых было выполнено два опыта, с применением макетного образца УФПЛ и без него.

Первым был проведен эксперимент прессования льнотресты без макетного образца УФПЛ (рис. 4) в ручном способе и с установленным режимом работы прессовальной камеры 45 % в зависимости от урожайности льна.

После прессования произвели размотку лент для определения их длины. Длина ленты без макетного образца составила 23,7 м.

С применением макетного образца УФПЛ скорость прессовальной камеры устанавливалась автоматически в зависимости от толщины ленты. После прессования с макетным образцом УФПЛ длина ленты составила 21,8 м. Длина ленты после прессования с макетной установкой УФПЛ уменьшилась на 1,9 м по сравнению с прессованием без макетной установки.

На основании полученных данных построен график плотности льнотресты в рулоне с макетным образцом УФПЛ и без применения макетного образца (рис. 5).

Из графика видно, что формирование плотности с макетным образцом УФПЛ происходит на 1,5–2 % равномернее, чем формирование плотности без макетного образца.



Рис. 4. Прессование льнотресты без макетного образца УФПЛ



Рис. 5. График плотности льнотресты в рулоне без макетного образца и с применением макетного образца УФПЛ

Затем проводились исследования по уменьшению разрывов ленты в рулоне. С этой целью брали ленты длиной по 48 м. На обеих равномерно, через каждые 8 м льнотресты, искусственно создавались по 4 разрыва, каждый длиной 4 м (рис. 6).



Рис. 6. Две ленты с разрывами



Рис 7. Ленты после прессования с макетной установкой УФПЛ и без макетной установки

Ленты после прессования с макетным образцом УФПЛ и без него показаны на рис. 7.

Построен график изменения разрывов в ленте после прессования с применением макетного образца УФПЛ и без него (рис. 8).

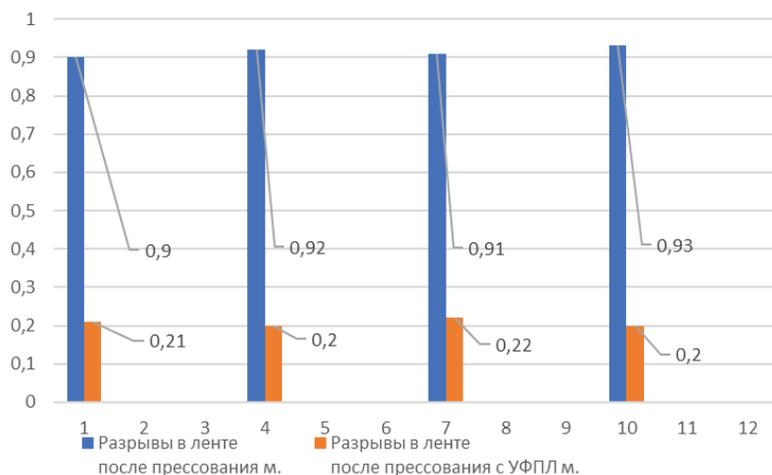


Рис. 8. График изменения разрывов в ленте с применением макетного образца УФПЛ и без него

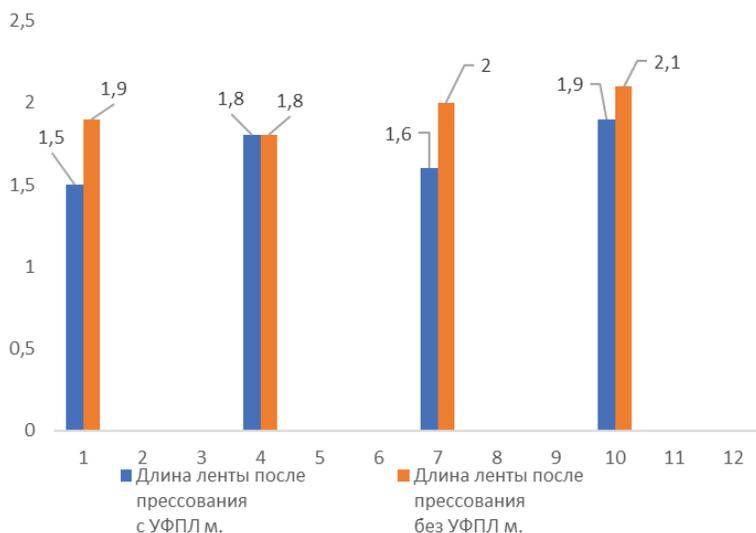


Рис. 9. График изменения длины ленты с применением макетного образца УФПЛ и без него

Из графика видно, что с применением макетного образца УФПЛ после прессования разрывы в ленте уменьшаются в 4,5 раза.

Построен график изменения длины ленты после прессования с применением макетного образца УФПЛ и без него (рис. 9).

Из графика видно, что с применением макетного образца УФПЛ после прессования длина ленты уменьшилась. Общая длина ленты после прессования с применением макетного образца УФПЛ составила 6,8 м, а без макетного образца составила 7,8 м.

Выводы

Внедрение рулонной технологии заготовки тресты позволяет за счет механизации процесса значительно увеличить производительность труда, сократить сроки уборки и затраты труда. Вместе с тем для оптимальной работы линий первичной переработки льна необходимая линейная плотность должна составлять 2,5–3,5 кг/м п., чего не всегда удается достигнуть ввиду различной урожайности и разрывов лент льна.

Повысить линейную плотность ленты льна в рулоне в определенных пределах можно увеличением рабочей скорости трактора, которая ограничена работоспособностью подбирающего барабана и нагрузкой на подбирающие пальцы. Необоснованное увеличение скорости движения приводит к нарушению агротехнических требований процесса заготовки льнотресты в рулоны. В свою очередь это ведет к потере длинного волокна при переработке льнотресты на стационарных линиях, к снижению их производительности, увеличению энергозатрат. Частично эту проблему решают пресс-подборщики, оборудованные гидроприводом рабочих органов с автоматизацией рабочего процесса. В то же время предлагаемые технические решения не решают в полной мере проблему формирования слоя льнотресты в рулоне постоянной плотности, т. к. не учитывают неравномерность урожайности льна по площади поля.

С целью автоматизации процесса создания лент льна заданной плотности в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» был изготовлен макетный образец УФПЛ, установленный на пресс-подборщик ПЛС-1. Интегрированное в систему управления прессовальной камерой устройство позволяет в автоматическом режиме производить регулировку камеры с целью получения оптимальных параметров ленты льна.

Список использованных источников

1. Трибуналов, М. Н. Исследование характеристик расположения лент льна на поле / М. Н. Трибуналов, Н. Д. Янцов, С. И. Оскирко // Перспективные технологии и технические средства в сельскохозяйственном производстве: материалы Международ. науч.-практ. конф., Минск, 11–12 апреля 2013 г.: В 2 ч. Ч. 1. – Минск: БГАТУ, 2013. – С. 137–139.

А. Н. Ажгиревич, Л. Н. Иовик

*Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси
г. Брест, Республика Беларусь
E-mail: info@paei.by*

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ОРГАНИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Аннотация. В статье содержатся сведения о сертифицированных производителях органической продукции в Республике Беларусь по состоянию на первый квартал 2024 года, оценивается состояние рынка и перспективы его развития.

Ключевые слова: органическая продукция, Беларусь.

A. N. Azhgirevich, L. N. Iovik

*Polesie Agrarian-Ecological Institute of the NAS of Belarus
Brest, Republic of Belarus
E-mail: info@paei.by*

ANALYSIS OF THE STATE OF PRODUCTION OF ORGANIC PRODUCTS IN THE REPUBLIC OF BELARUS

Abstract. The article contains information about certified producers of organic products in the Republic of Belarus as of the first quarter of 2024, assesses the state of the market and prospects for its development.

Keywords: organic products, Belarus.

Введение

По прогнозам экспертов, объем мирового рынка органической продукции (далее – ОП) к 2025 г. достигнет отметки порядка 212–230 млрд долларов, что составит приблизительно 5 % всего мирового рынка сельскохозяйственной продукции. При этом очевидным является факт стремительного и опережающего роста спроса на ОП со стороны развитых стран.

Аграрная политика Республики Беларусь имеет ярко выраженное приоритетное значение для государства и общества в целом, о чем свидетельствует активно развивающееся аграрное законодательство, наличие программных документов, нацеленных на государственную поддержку аграрной отрасли, обеспечение состояния продовольственной безопасности страны и поступательное увеличение экспорта.

Как указано в Доктрине национальной продовольственной безопасности Республики Беларусь до 2030 г. [1], утвержденной в 2017 г., производ-

ство и обращение ОП развиваются для обеспечения населения высококачественными продуктами питания, удовлетворяющими спрос потребителей на товары, которые производятся с применением технологий, не наносящих вред окружающей среде, и способствуют сохранению, укреплению и восстановлению здоровья населения. Хорошо известно, что органические продукты питания имеют более высокое качество по сравнению с обычными продуктами, следовательно, в 2024 г., объявленном Президентом Республики Беларусь Годом качества [2], данному направлению сельскохозяйственной отрасли будет уделяться повышенное внимание.

К 2030 г. Доктриной предусмотрен рост доли сельскохозяйственных земель, используемых для получения ОП, в общей площади до 3,0 %. Был также запланирован среднегодовой темп прироста емкости внутреннего рынка в размере 1,0–2,0 % к 2020 г. и до 2,0–3,0 % к 2030 г.

С 18 ноября 2019 г. вступил в силу Закон Республики Беларусь от 09.11.2018 № 144-3 «О производстве и обращении органической продукции», разработанный с учетом международного опыта развития органического сельского хозяйства и направленный на:

- развитие производства ОП в Республике Беларусь и обеспечение ею населения;
- снижение негативного воздействия химически синтезированных средств на окружающую среду и здоровье людей;
- развитие малого и среднего предпринимательства;
- наращивание экспортного потенциала.

В 2018–2019 гг. в Беларуси также был принят ряд ТНПА, регулирующих производство и обращение ОП. Со стороны государства и неправительственных организаций в последующие годы реализовывались стимулирующие меры по развитию рынка органики, поддержке производителей, формированию внутреннего спроса населения и экспорту продукции.

Цель данного исследования – оценить развитие рынка Республики Беларусь на начало 2024 года по критериям участников – сертифицированных производителей ОП и производимой ими ОП.

Основная часть

Согласно ст. 17 главы 4 Закона Республики Беларусь от 09.11.2018 № 144-3 «О производстве и обращении органической продукции» (далее – Закон о производстве и обращении органической продукции) в стране действует добровольная сертификация ОП и процессов ее производства. При положительных результатах инспекции национальными аккредитованными органами по сертификации заявителю (юридическому или физическому лицу, в т. ч. индивидуальному предпринимателю) выдают



Знак «Органический продукт»

сертификат соответствия, что дает ему право наносить специальную маркировку на продукцию – утвержденный законодательно знак «Органический продукт» (см. рисунок). Одновременно производитель ОП заносится в Реестр производителей ОП (ст. 18 Закона о производстве и обращении органической продукции).

Как установлено законодательством, национальными аккредитованными органами по добровольной сертификации ОП и процессов ее производства являются РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» и РУП «Белорусский государственный институт метрологии».

Порядок формирования и ведения реестра производителей ОП устанавливается Государственным комитетом по стандартизации Республики Беларусь; сведения о производителях размещены на сайте ведомства в сети Интернет [3] и регулярно обновляются.

Представляет определенный интерес анализ зарегистрированных в качестве производителей ОП субъектов хозяйствования Беларуси, сведения о которых имеются в реестре (табл. 1).

Таблица 1. Производители ОП в Республике Беларусь по состоянию на начало 2024 г.

№ п/п	№ сертификата соответствия	Субъект хозяйствования, адрес	Наименование производимой органической продукции
1	ВУ/112 03.11.038 25085	Общество с ограниченной ответственностью «Здоровая страна». 231776, Гродненская область, Берестовицкий район, д. Людвиново	01.11.32 – Рожь продовольственная
2	ВУ/112 03.11.003 61916 ВУ/112 03.11.003.02 00150	Открытое акционерное общество «МИНСК КРИСТАЛЛ» – управляющая компания холдинга «МИНСК КРИСТАЛЛ ГРУПП». 220030, г. Минск, ул. Октябрьская, 15	20.14.74.1 – Спирт этиловый ректификованный из пищевого сырья «Органик», объемная доля этилового спирта не менее 96,3 %. Серийное производство. 11.01.10.630 – Водка органическая «БЕЛАЯ РУСЬ»
3	ВУ/11203.11.038.01 00157	Открытое акционерное общество «Молодечненский комбинат хлебопродуктов». 222310, Минская область, г. Молодечно, ул. Элеваторная, 7	10.61.22.100 – Мука ржаная хлебопекарная сорт обдирная

№ п/п	№ сертификата соответствия	Субъект хозяйствования, адрес	Наименование производимой органической продукции
4	ВУ/112 03.11.003.02 00983 ВУ/112 03.11.003.02 00984 ВУ/112 03.11.003.02 00985	Гражданка Абрамова Татьяна Михайловна. 211969, Витебская область, Браславский район, хут. Ёдишки, д. 1	10.13.15.910 – Полуфабрикаты мясные натуральные из говядины (телятины), баранины, козлятины. 01.41.10; 01.42.11 – Крупный рогатый скот для убоя. 01.45 – Овцы и козы для убоя
5	ВУ/112 03.11.003.02 01145 ВУ/112 03.11.003.02 01173 ВУ/112 03.11.003.02 01581 ВУ/112 03.11.003.02 02224 ВУ/112 03.11.003.02 03670 ВУ/112 03.11.003.02 03672	Крестьянское хозяйство «Вики-Сад». 222402, Минская область, Мядельский район, Княгининский сельсовет, д. Осово, ул. Зеленая, д. 8	01.11.32 – Рожь продовольственная, рожь фуражная. 01.11.49 – Тритикале продовольственное, тритикале фуражное. 01.11.49.910 – Гречиха продовольственная. 01.11.32.120 – Семена ржи озимой. 01.11.49.912 – Семена гречихи. 01.11.49.112 – Семена тритикале озимого. 01.11.12.610 – Спельта (пшеница мягкая) озимая. 01.19.10.323 – Люпин кормовой узколистный
6	ВУ/11203.11.003.02 01736 <i>Приостановлен с 10.01.2024</i>	Открытое акционерное общество «Чистый исток 1872». 211156, Витебская область, г. Чашники, ул. Орджоникидзе, д. 6	20.14.74.110 – Спирт этиловый ректификованный из пищевого сырья «ОРГАНИК ПЛАТИНУМ»
7	ВУ/112 03.11.003.02 02542	Закрытое акционерное общество «МИНСКИЙ ЗАВОД ВИНОГРАДНЫХ ВИН». 220099, г. Минск, ул. Казинца, д. 52А, пом. 23	11.01.10.633 – Водка органическая «ДИКАЯ УТКА. ОРГАНИК»
8	ВУ/112 03.11. 038.01 02138	Общество с ограниченной ответственностью «НОУ-ТИЛЛ Органик». 231016, Гродненская область, Сморгонский район, Залесский сельсовет, д. Шутовичи, ул. Зеленая, д. 2	01.11.32 – Рожь продовольственная

Как следует из табл. 1, в Республике Беларусь зарегистрированы 8 производителей ОП, существенная часть которых производит сырье для этилового спирта и осуществляет розлив «органической» водки, то есть занимается переработкой ОП. Отнесение водки к категории ОП с атрибутированием бутылки знаком «Органический продукт», по нашему мнению, выглядит не более чем маркетинговым ходом: химически спирт 96,3 % из обычного и органического зерна, полученный в процессе ректификации, будет практически одинаковым и не повлияет на органолептические качества водки.

Вместе с тем экологически ответственное потребление является растущим трендом во многих странах, не исключая Беларусь, поэтому продажи органической водки и прочих крепких напитков повсеместно растут. Для «нишевого» потребителя значимой ценностью является защита окружающей среды и забота о природе, в данном случае – использование экологически чистого сырья и технологий выращивания. В итоге экосознательность граждан стала коммерческим преимуществом для производителей спиртных напитков, а «органическая» водка прочно обосновалась в люксовом сегменте рынка алкоголя. Однако наблюдаемое доминирование представителей алкогольной отрасли на рынке ОП в Беларуси пока рано считать трендом или специализацией рынка в силу незначительного числа его участников.

Исходя из данных, представленных в государственном реестре производителей ОП, таковые находятся в городе Минске, Витебской, Гродненской и Минской областях. Растениеводством занимаются всего три юридических лица: ООО «Здоровая страна», крестьянское хозяйство «Вики-Сад» и ООО «НОУ-ТИЛЛ Органик». Два хозяйства сертифицированы только для производства органической ржи на зерно, а крестьянское хозяйство «Вики-Сад» – для выращивания ряда органических зерновых и зернобобовых (табл. 1). В госреестре отсутствуют производители овощных и ягодных культур, лекарственного сырья, меда, фруктов и пр.

Принцип добровольности сертификации ОП (ст. 17 главы 4 Закона о производстве и обращении органической продукции) означает необязательную форму подтверждения соответствия ОП национальным стандартам или стандартам ЕАЭС (действие ГОСТ 33980-2016 распространяется на Армению, Беларусь, Грузию, Кыргызстан, Российскую Федерацию, Таджикистан, Узбекистан). Так, ряд белорусских компаний сертифицированы по стандартам и процедурам Евросоюза (EU Organic Regulation 2018/848) или США (USDA National Organic Program). К началу 2024 г. некоторые белорусские производители ОП имеют только сертификат Евросоюза (либо США), или – только национальный сертификат, а небольшое количество компаний сочло необходимым получить все доступные сертификаты на ОП, выпол-

нив соответствующие процедуры и проходя периодические проверки (инспекции).

При этом некоторые отечественные компании и фермеры прошли сертификацию по стандартам (регламентам) Евросоюза задолго до 2018 г., когда в Беларуси вступил в силу Закон о производстве и обращении органической продукции. Продление действующих зарубежных сертификатов и/или получение новых, с большой долей вероятности, связано с ориентацией белорусских производителей ОП на рынки стран Евросоюза, где на ОП существует высокий спрос.

На протяжении последних полутора десятков лет на территории нашей страны работали более десяти зарубежных сертифицирующих организаций, в том числе Kiwa BCS Oко-Garantie GmbH (Германия), Екоагрос (Литва), Organic Standart LTD (Украина), Ecoglobe LLC (Армения) и другие.

Например, Ecoglobe LLC (Армения, код сертификационного органа ВУ-БИО-112) является международным органическим сертификационным органом в соответствии с требованиями ISO Guide 17065 and EN 45011, аккредитованным сертифицирующим агентом Министерства сельского хозяйства США, признана Еврокомиссией. Ecoglobe LLC осуществляет сертификацию органического производства не только в Армении, но и в России, Беларуси, Казахстане, Киргизии, Грузии, США и Иране. В актуализированном по состоянию на начало 2024 г. перечне действующих сертификатов Ecoglobe LLC (Армения) фигурируют только две белорусские организации: ООО «Здоровая страна» (тип продукции – растительная продукция) и ООО «НОУ-ТИЛЛ Органик» (тип продукции – растительная продукция) [4].

Действие сертификатов, выданных компанией Екоагрос (Литва, код сертификационного органа ВУ-БИО-170) белорусским организациям и фермерам (16 юридических лиц), приостановлено в 2020–2022 гг., а компания-сертификатор прекратила свою деятельность на территории Беларуси по политическим мотивам.

До 31 декабря 2024 г., а в отдельных случаях до середины 2025 г. действуют европейские сертификаты на ОП, выданные компанией SIA «Sertifikācijas un testēšanas centrs» (Латвия, код сертификационного органа ВУ-БИО-173) следующим организациям Беларуси (табл. 2).

В период 2019–2023 гг. сертификатами на ОП, выданными компанией SIA «Sertifikācijas un testēšanas centrs», обладали следующие компании и крестьянские хозяйства:

- крестьянское (фермерское) хозяйство «Ричёв» (Витебская область);
- ИП Наталья Кисель-Загорянская (Гродненская область);
- крестьянское (фермерское) хозяйство «Экоферма Мелковичи» (Минская область);
- фермер Бабако Оксана Ивановна (Витебская область);

Таблица 2. Перечень производителей ОП и логистических компаний Республики Беларусь, имеющих сертификаты SIA “Sertifikācijas un testēšanas centrs”

№ п/п	Субъект хозяйствования, адрес	№ сертификата	Наименование производимой органической продукции
1	ООО «Радман-Логистик» 224030, г. Брест, ул. Буденного 17/2	05-028-2023/S-01	Логистическая компания
2	Крестьянское хозяйство «СИДСАД» 223048, Минский район, д. Дашки	05-053-2022/04	Спаржа, голубика, клюква, жимолость, земляника, клубника, малина, огурцы, цуккини, перец, помидоры, редис, лук, шпинат, фасоль, баклажаны, укроп, мята, базилик, петрушка, кинза, салат-латук, руккола. Кроме того, сертифицированы небольшие объемы зерновых (рожь, тритикале, пшеница, овес). В хозяйстве также сертифицированы органик кури и яйца
3	ЧПУП «Эколеспродукт» 225143, Брестская обл., Пружанский район, д. Куплин	05-055-2023/P-01	Сбор и заморозка дикой черники
4	ООО «Экологические продукты» 225432, Брестская обл., г. Ганцевичи, ул. Промышленная	05-070-2023/P-01	Сбор и заморозка дикой черники, клюквы обыкновенной и земляники лесной
5	ООО «СЭБ-Мультимодал» г. Брест, ул. Советская, д. 12, офис 306	05-073-2022/P-03	Логистическая компания
6	ООО «Рэйл МКМ Спедишн» г. Брест, ул. Инженерная, д. 19Б, офис 31	05-081-2022/P-03	Логистическая компания
7	Фермерское хозяйство «АгроФерма» Брестская область, Пинский район, д. Подболотье, ул. Тихая, 11	05-094-2018/03	Земляника, яблоки, цикорий
8	ООО «Аланторг» Гомельская обл., г. Петриков, пер. 2-й Первомайский, 16-1	05-105-2022/P-03	Свежие и замороженные черника, брусника, клюква, облепиха, малина, лисичка настоящая, белый гриб

- крестьянское (фермерское) хозяйство Селицкого Ивана Францевича (Минская область);
- крестьянское хозяйство «Маленкова» (Гродненская область);
- КФХ «ЁДИШКИ» (Витебская область);

- КФК «Лапишки-Агро» (Гродненская область);
- фермер Дмитрий Лутаев (Брестская область).

Причины, по которым сертификация ОП вышеуказанным организациям и частным лицам была прекращена, доподлинно неизвестны. Возможно, часть компаний отказалась от продления сертификации из-за логистических, финансовых (расчеты) и прочих проблем при экспорте сельхозпродукции и дикоросов из Беларуси в страны Евросоюза, возникших в последние годы по тем или иным причинам.

Также имеются неподтвержденные сведения [5] о белорусских компаниях, фермерах или хозяйствах, имевших сертификаты Евросоюза в последние годы (УП «Агрокомбинат «Ждановичи», КФХ «ДАК», ОАО «Зани», КФХ «Моньки», ООО «Медовая страна», КФХ «Солнечная Нива», КФХ «Фортуна Агро», ООО «ДНТ Трейд», ИООО «УНИФОРЕСТ» и др.), при этом статус сертификата в настоящий момент неизвестен.

Заключение

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Численность сертифицированных сельхозпроизводителей ОП в Республике Беларусь по состоянию на начало 2024 г. не превышает двух десятков, что неоправданно мало при имеющихся нормативно-правовой и ресурсной базах для развития органического сельского хозяйства в стране; при этом за период 2019–2023 гг. отмечается отрицательная динамика.

2. Доля сертифицированных производителей ОП, занимающихся собственным растениеводством (овощеводством, плодоводством) и животноводством, примерно равна доле заготовителей органических дикоросов, переработчиков продукции и логистических компаний, что, по нашему мнению, свидетельствует о некотором структурном дисбалансе рынка ОП в стране.

3. По критерию числа участников рынка ОП Беларусь по-прежнему находится среди самых отстающих стран как в ЕАЭС, так и среди всех стран Европы.

Вполне вероятно, что многие отечественные хозяйства – производители ОП в сферах растениеводства и животноводства, по тем или иным причинам не прошедшие к 2024 г. сертификацию ОП, и сегодня продолжают добросовестно и ответственно придерживаться принципов, методов и технологий производства ОП.

По нашему мнению, для стимулирования развития органического земледелия в Беларуси следует принять дополнительные меры. Например, 4 февраля 2024 г. Правительство Российской Федерации утвердило План реализации стратегии развития производства органической продукции [7].

Документ предусматривает внедрение для предпринимателей дополнительных стимулов, которые помогут ускорить создание передовых агротехнологий, стартапов и инноваций. Значительное внимание также будет уделяться и подготовке квалифицированных специалистов в этой сфере, в том числе с помощью запуска новых образовательных программ на базе ведущих отраслевых вузов России. Кроме этого, Планом предусмотрено заключение в рамках Евразийского экономического союза соглашения о порядке признания продукции органической, что ожидается уже к концу 2024 г. Это открывает хорошие возможности для экспорта ОП на российский рынок для белорусских производителей.

Еще одно важнейшее направление работы – всемерная активизация продвижения органической продукции на внутреннем рынке Беларуси, ее популяризация, распространение информации об органической продукции среди отечественных потребителей в средствах массовой информации и по иным каналам маркетинговых коммуникаций.

Список использованных источников

1. О Доктрине национальной продовольственной безопасности Республики Беларусь до 2030 года [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 15 дек. 2017 г., № 962 // Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C21700962>. – Дата доступа: 12.02.2024.

2. Об объявлении 2024 года Годом качества [Электронный ресурс]: Указ Президента Респ. Беларусь, 27 нояб. 2023 г., № 375 // Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=P32300375>. – Дата доступа: 12.02.2024.

3. Реестр производителей органической продукции [Электронный ресурс]: КАЧЕСТВО.БЕЛ. – Режим доступа: <https://organic.gskp.by/>. – Дата доступа: 13.02.2024.

4. List of ECOGLOBE LLC operators as of 01 February 2024 [Electronic resource]: ECOGLOBE Certification body. – Mode of access: <https://www.ecoglobe.com/ru/clients>. – Date of access: 13.02.2024.

5. Список органических производителей Беларуси [Электронный ресурс]: Онлайн-журнал ECOIDEA. – Режим доступа: <https://ecoidea.me/ru/content/project/3314>. – Дата доступа: 06.02.2024.

6. Единый государственный реестр производителей органической продукции Российской Федерации [Электронный ресурс]: Министерство сельск. хоз-ва Российской Федерации. – Режим доступа: <http://opendata.mcx.ru/opendata/7708075454-organicprod>. – Дата доступа: 13.02.2024.

7. План мероприятий по реализации Стратегии развития производства органической продукции в Российской Федерации до 2030 года [Электронный ресурс]: распоряжение Правительства Российской Федерации, 20.01.2024, № 101-Р // Правительство России. – Режим доступа: <http://government.ru/docs/50775/>. – Дата доступа: 05.02.2024.

Научное издание

ЦИФРОВИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Материалы 4-й Международной научной конференции
по цифровизации сельского хозяйства и органическому производству
(Минск, 5–8 июня 2024 г.)

Ответственный за выпуск *О. Н. Пручковская*
Художественный редактор *Ю. П. Барабанова*
Технический редактор *М. В. Савицкая*
Компьютерная верстка *И. В. Счеснюк*

Подписано в печать 00.00.2024. Формат 70 × 100¹/₁₆.
Бумага офсетная. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 00. Уч.-изд. л. 00. Тираж 00 экз. Заказ 00.

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, 220084, г. Минск.