



ISSN 2078-7138 (Print)
ISSN 2078-7146 (Online)
DOI: 10.56619/2078-7138-2025-172-6

АГРОПАНОРАМА

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ДЛЯ РАБОТНИКОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

№ 6
декабрь
2025

В номере:

*Управление инфракрасной модульной системой
обогрева крупногабаритных цехов*

*Методы оценки экспериментальных результатов
экспресс-тестирования моторных масел,
основанные на использовании программного
комплекса IMAGEJ.*

*Часть 5. Цифровая обработка хроматограмм
моторного масла, полученных
методом капельной пробы*

*Современное состояние и оценка эффективности
производства и реализации картофеля в
сельскохозяйственных организациях
системы Министерства сельского
хозяйства и продовольствия
Республики Беларусь*



С Новым, 2026 годом!

Уважаемые коллеги, друзья!

Приближается Новый год! По сложившейся традиции в это время мы говорим о наших достижениях, подводим итоги уходящего года и строим планы на будущее. С уверенностью можно сказать, что прошедший год был для коллектива нашего университета успешным и результативным.

В течение года мы плодотворно работали над реализацией принятых программ развития университета, направленных на повышение качества образования и совершенствование практической подготовки специалистов для АПК, укрепление материально-технической базы.

Уходящий год был отмечен новыми научными достижениями. Учеными, аспирантами и студентами Белорусского государственного аграрного технического университета внедрены в производство и образовательный процесс более 30 новых научных разработок, получено 16 патентов Республики Беларусь на изобретения.

Научные исследования велись по приоритетным направлениям научной, научно-технической и инновационной деятельности в рамках 5 государственных научных программ, заданий Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований.

Успешно развивалось и международное сотрудничество. В 2025 году БГАТУ стал членом Альянса по аграрному образованию и научным инновациям Шелкового пути. Университет плодотворно сотрудничал в области науки и образования более чем со 110 ведущими университетами и научными организациями ближнего и дальнего зарубежья.

В Институте повышения квалификации и переподготовки кадров АПК повысили свою квалификацию и прошли переподготовку более двух с половиной тысяч руководящих работников и специалистов, в том числе и иностранных.

БГАТУ принимал активное участие в международных и республиканских выставках. По итогам выставки БЕЛАГРО – 2025 мы отмечены золотой медалью за особый вклад в развитие агропромышленного комплекса и презентацию своих достижений.

Значительных успехов в прошедшем году достигли и наши студенты, ими получены дипломы и грамоты на международных и республиканских научных конференциях, олимпиадах и конкурсах научных работ студентов. Лучшие студенты университета удостоены стипендий Президента Республики Беларусь, имени Франциска Скорины, Минского обкома профсоюза и Республиканского комитета Белорусского профсоюза работников АПК, награждены премией Мингорисполкома и Специального фонда Президента Республики Беларусь по социальной поддержке одаренных учащихся и студентов.

Уважаемые коллеги! Примите слова искренней благодарности за добросовестный и безупречный труд во благо университета и нашей любимой Беларуси!

От всей души поздравляю наш коллектив с Новым, 2026 годом и Рождеством!

Желаю всем в Новом году успешной профессиональной деятельности, свершения надежд и исполнения заветных желаний, теплоты человеческих отношений и радости семейного уюта!

Дорогие друзья! Крепкого здоровья, счастья, мира, добра и благополучия Вам, Вашим родным и близким!

**Ректор БГАТУ,
канд. техн. наук, доцент
Н.Н. Романюк**

АГРОПАНОРАМА 6 (172) декабрь 2025

Издается с апреля 1997 г.

Научно-технический журнал
для работников
агропромышленного комплекса.
Зарегистрирован в Министерстве
информации Республики Беларусь
21 апреля 2010 года.
Регистрационный номер 1324

Учредитель
*Белорусский государственный
аграрный технический университет*

Главный редактор
Николай Николаевич Романюк

Заместитель главного редактора
Михаил Александрович Прищепов

Редакционная коллегия:

Л.С. Герасимович	И.С. Крук
П.П. Казакевич	А.С. Сайганов
В.М. Капцевич	В.Н. Тимошенко
А.Н. Каргашевич	Н.К. Толочко
Н.В. Киреенко	В.П. Чеботарёв
И.П. Козловская	Н.С. Яковчик

Е.В. Сенчуров – ответственный секретарь
Н.И. Цындриня – редактор

Компьютерная верстка
В.Г. Леван

Адрес редакции:
БГАТУ, пр-т Независимости, 99/1, к. 220
220012, г. Минск, Республика Беларусь
Тел. (+375 17) 272-47-71
Тел./факс (+375 17) 258-41-16

Прием статей и работа с авторами:
г. Минск, пр-т Независимости, 99/5, к. 602, 608
Тел. (+375 17) 385-91-02, 355-22-14
E-mail: AgroP@bsatu.by

БГАТУ, 2025.

Формат издания 60 x 84 1/8.

Подписано в печать с готового оригинала-макета 22.12.2025 г. Зак. № 689 от 16.12.2025 г.

Дата выхода в свет 30.12.2025 г.

Печать офсетная. Тираж 60 экз.

Статьи рецензируются.

Отпечатано в ИПЦ БГАТУ по адресу: г. Минск, пр-т Независимости, 99/2

ЛП № 02330/316 от 30.10.2020 г.

Выходит один раз в два месяца.

Подписной индекс в каталоге «Белпочта» - 74884.

Стоимость подписки на журнал на 2-е п/г 2025 г.:

для индивидуальных подписчиков - 49,62 руб.;

ведомственная - 52,71 руб.;

При перепечатке или использовании публикаций согласование с редакцией и ссылка на журнал обязательны. Ответственность за достоверность рекламных материалов несет рекламодатель.

СОДЕРЖАНИЕ

Сельскохозяйственное машиностроение. Металлообработка

А.В. Ленский, С.В. Бойко, А.А. Жешко, М.Г. Немкевич
Оценка осаждения рабочего раствора и биологической эффективности инсектицидных обработок посевов кукурузы с помощью агродрона.....2

Энергетика Транспорт

Е.С. Шмелев, А.П. Ахрамович, К.В. Гаркуша
Управление инфракрасной модульной системой обогрева крупногабаритных цехов.....9

Технический сервис в АПК. Экономика

В.А. Ковалев, А.В. Крутов, В.А. Пашинский
Перспективы применения технологии Интернета вещей в АПК....14

В.К. Корнеева, В.М. Капцевич
Методы оценки экспериментальных результатов экспресс-тестирования моторных масел, основанные на использовании программного комплекса *IMAGEJ*
Часть 5. Цифровая обработка хроматограмм моторного масла, полученных методом капельной пробы.....20

Лю Сюэпин
Оценка устойчивого развития агроэкотуризма в Республике Беларусь.....28

А.А. Головач, А.Э. Шибeko, О.Л. Сапун, М.М. Корсак, Н.А. Головач, А.А. Новик
Современное состояние и оценка эффективности производства и реализации картофеля в сельскохозяйственных организациях системы Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь.....33

Т.В. Гусарова
Рекомендации по конкурентоустойчивому развитию и инфраструктурному обеспечению производителей мясной продукции Республики Беларусь.....40

Перечень статей, опубликованных в журнале «Агропанорама» в 2025 году.....45

ОЦЕНКА ОСАЖДЕНИЯ РАБОЧЕГО РАСТВОРА И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНСЕКТИЦИДНЫХ ОБРАБОТОК ПОСЕВОВ КУКУРУЗЫ С ПОМОЩЬЮ АГРОДРОНА

А.В. Ленский,

зав. сектором эксплуатационно-экономической оценки машин РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», канд. экон. наук, доцент

С.В. Бойко,

зав. лабораторией энтомологии РУП «Институт защиты растений», канд. с-х. наук, доцент

А.А. Жешко,

ведущ. науч. сотр. сектора эксплуатационно-экономической оценки машин РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», канд. техн. наук, доцент

М.Г. Немкевич,

ведущ. науч. сотр. лаборатории энтомологии РУП «Институт защиты растений», канд. с-х. наук, доцент

В статье предложена методика обработки результатов экспериментальных исследований применения агродрона при химической защите кукурузы. Выполнена оценка качества осаждения рабочего раствора с применением специализированного программного обеспечения и представлены результаты эксперимента при различных технологических параметрах полета агродрона. Дана оценка биологической эффективности инсектицидных обработок, проведенных на опытных участках.

Ключевые слова: агродрон, насекомые-вредители, химическая защита кукурузы, параметры эксплуатации, качество осаждения, результаты эксперимента.

The article provides a method for processing the results of experimental studies on the use of agricultural drones for corn chemical protection. The quality of the working solution deposition was assessed using specialized software, and the results of the experiment were presented for various technological parameters of the agricultural drone flight. The biological effectiveness of insecticide treatments carried out on experimental sites is assessed.

Keywords: agricultural drone, insect pests, corn chemical protection, operating parameters, deposition quality, experimental results.

Введение

В современном сельском хозяйстве применение химических средств защиты растений (СЗР) имеет важное значение для обеспечения роста урожайности сельскохозяйственных культур и качественных показателей производства продукции растениеводства. В то же время использование средств химизации в растениеводстве может оказывать негативное воздействие на окружающую среду, особенно при значительных объемах обработок, либо нарушении технологии выполнения работ.

Новые возможности применения СЗР открылись с появлением и все более активным использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) или агродронов. В настоящее время на рынке доступно множество моделей специализированных БПЛА, однако отсутствует достаточное научное обеспечение и подтверждение целесообразности использования дронов для химической обработки различных культур.

Вопросы использования агродронов в сельском хозяйстве освещаются в работах отечественных и зарубежных ученых (А.А. Жуковский, Ю.А. Леоновец, Н. Hu1, Y. Kaizu, J. Huang, K. Furuhashi, H. Zhang).

В рамках данного исследования была выполнена оценка параметров полета при различных режимах обработки кукурузы в начале июля и в начале августа.

Цель данной работы – дать оценку осаждения рабочего раствора и биологической эффективности инсектицидных обработок, выполненных с применением агродрона на экспериментальных полевых участках.

Основная часть

Методика обработки результатов экспериментальных исследований применения агродрона при химической защите кукурузы

Контроль качества осаждения рабочего раствора, вносимого агродроном, является достаточно сложной и

ответственной задачей. Неравномерное распределение СЗР может привести либо к чрезмерному внесению высококонцентрированного раствора и, соответственно, перерасходу препарата и росту экологической нагрузки на растения, либо к недостаточной эффективности и снижению урожайности сельскохозяйственных культур. В обоих случаях применение агродронов приведет к существенным затратам финансовых и материальных ресурсов без достижения целевого результата.

В процессе выполнения экспериментальных исследований по оценке эффективности химических обработок общей применяемой практикой является использование водочувствительной бумаги (ВЧБ) для контроля качества осаждения рабочего раствора, включая параметры размера капель, степени и равномерности покрытия, равномерности распределения рабочего раствора по ширине распыления [1-5].

При проведении экспериментальных обработок использовался агродрон EFT-Z30.

Методика определения качественных характеристик технологического процесса опрыскивания состоит из следующих этапов:

1. *Подготовительный этап* – сбор обработанных листов ВЧБ и упаковка в сухие водонепроницаемые пакеты, группировка тестовых полосок в соответствии со схемой эксперимента;

2. *Предварительный этап* – фотографирование или сканирование ВЧБ для проведения анализа, подготовка снимков для программной обработки;

3. *Аналитический этап* – обработка снимков ВЧБ в специализированном программном приложении, определение степени покрытия рабочим раствором, определение размера капель;

4. *Оценка результатов* – обобщение полученных результатов, подготовка заключения по результатам экспериментальных исследований.

Подготовительный этап осуществляется в процессе выполнения полевых экспериментальных исследований. При этом необходимо учитывать, что для корректной обработки полученных результатов, время между подготовительным и предварительным этапом не должно превышать 48 часов.

Основной целью предварительного этапа является сканирование ВЧБ и подготовка снимков в программных приложениях для обработки и цветовой корректировки изображений (при необходимости). При этом следует соблюдать осторожность при обращении с листами водочувствительной бумаги и не допускать наличия повреждений и посторонних отпечатков на ВЧБ.

При подготовке изображений необходимо соблюдать единый размер по длине и ширине сканированного листа ВЧБ.

На этапе аналитической обработки осуществляется оценка отсканированных и скорректированных изображений при помощи специализированных программных приложений (SnapCard, DepositScan или Image J). В частности, обязательно проводится оценка неравномерности степени покрытия водочувстви-

тельной бумаги и среднего размера капли. Неравномерность распределения определяется по формулам:

$$U_D = \frac{D_{\max} - D_{\min}}{D_{\min}};$$

$$U_{DS} = \frac{DS_{\max} - DS_{\min}}{DS_{\min}},$$

где U_D , U_{DS} – неравномерность распределения рабочего раствора по степени покрытия и размеру капли соответственно, %;

D_{\max} , D_{\min} , DS_{\max} , DS_{\min} – максимальное и минимальное значения степени покрытия ВЧБ (%) и среднего размера капли (мкм), полученные при испытаниях.

При запуске программы DepositScan осуществляется преобразование изображений в 8-битный полутоновый формат, затем производится выбор анализируемой области и автоматически осуществляется подсчет черных и белых пикселей. Программа представляет результаты в виде нескольких ключевых параметров, включая процент покрытия листа ВЧБ рабочим раствором, площадь анализируемого изображения, плотность покрытия и величину осаждения капель [6]. Эти параметры отражают следующие показатели качества распыления:

- процент покрытия (целевая площадь, покрытая распыляемым рабочим раствором, является важнейшим показателем эффективности опрыскивания);

- площадь изображения (общая оцененная площадь);

- плотность покрытия (показывает количество капель на единицу площади целевой поверхности);

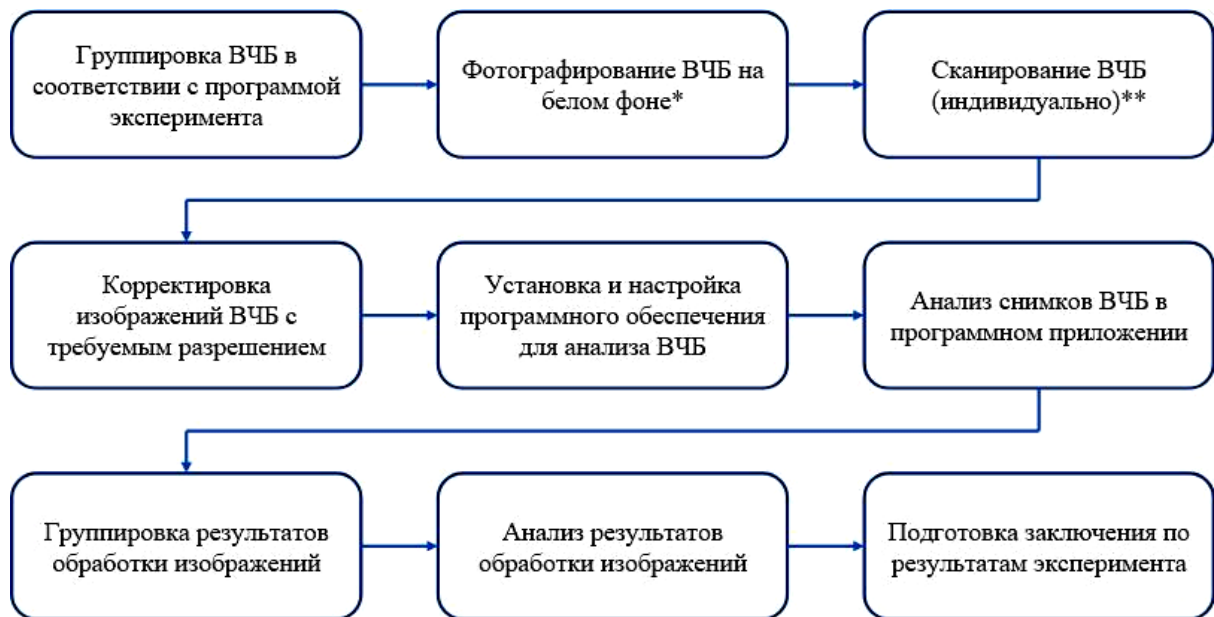
- количество жидкости, осажденное на целевой площади.

Алгоритм проведения оценки результатов экспериментальных исследований в виде последовательно выполняемых действий представлен на рисунке 1.

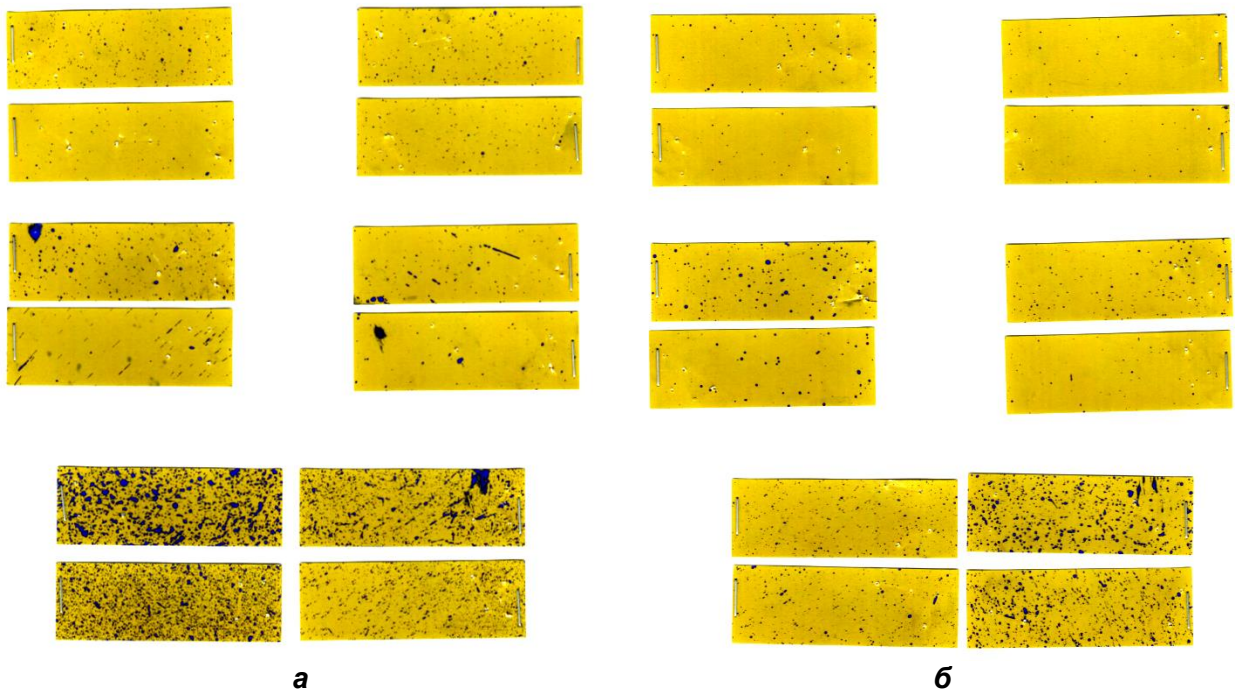
Результаты оценки эффективности осаждения рабочего раствора при различных технологических параметрах работы агродрона

При проведении экспериментальных исследований степень осаждения рабочего раствора фиксировалась при помощи водочувствительной бумаги (Syngenta). Непосредственно в полевых условиях была осуществлена группировка ВЧБ и сделаны фотографии в высоком разрешении (рис. 2). Каждая карточка была промаркирована с обратной стороны для определения ее положения на растении во время опыта.

В лабораторных условиях подготовка снимков ВЧБ проводилась с помощью сканера высокого разрешения (600 точек на дюйм). Сканер использовался для создания цифровых изображений ВЧБ, которые затем подвергались корректировке и масштабированию с единым разрешением (1780x610 пикселей). В дальнейшем осуществлялся анализ изображений с помощью программного обеспечения DepositScan (рис. 3), специально разработанного для измерения отложений капель на цифровых изображениях и ана-



*Рисунок 1. Алгоритм проведения оценки результатов экспериментальных исследований:
* – рекомендуется выполнить для исключения потери результатов в случае повреждения или потери ВЧБ;
** – предварительно необходимо определить требуемое разрешение для точного определения параметров распыляемого рабочего раствора в соответствии с целями и задачами эксперимента*



*Рисунок 2. Группированные карточки ВЧБ и фотоснимки результатов эксперимента в полевых условиях:
а – фотоснимок эксперимента № 5; б – фотоснимок эксперимента № 4*

лиза ключевых параметров, включая плотность капель, процент покрытия и медианный диаметр [7].

Всего было обработано 58 карточек ВЧБ, полученных в результате выполнения пяти экспериментов (табл. 1).

По результатам исследования и обработки тестовых листов ВЧБ можно оценивать эффективность процесса внесения жидких форм препаратов в зависимости от их

целевого назначения, а также уровень экологической безопасности процесса внесения пестицидов.

Результаты обработки изображений и оценки параметров распределения рабочего раствора приведены в таблице 2.

На рисунке 4 представлена диаграмма рассеивания рабочего раствора, показывающая средние показатели степени осаждения по ярусам растений кукурузы.

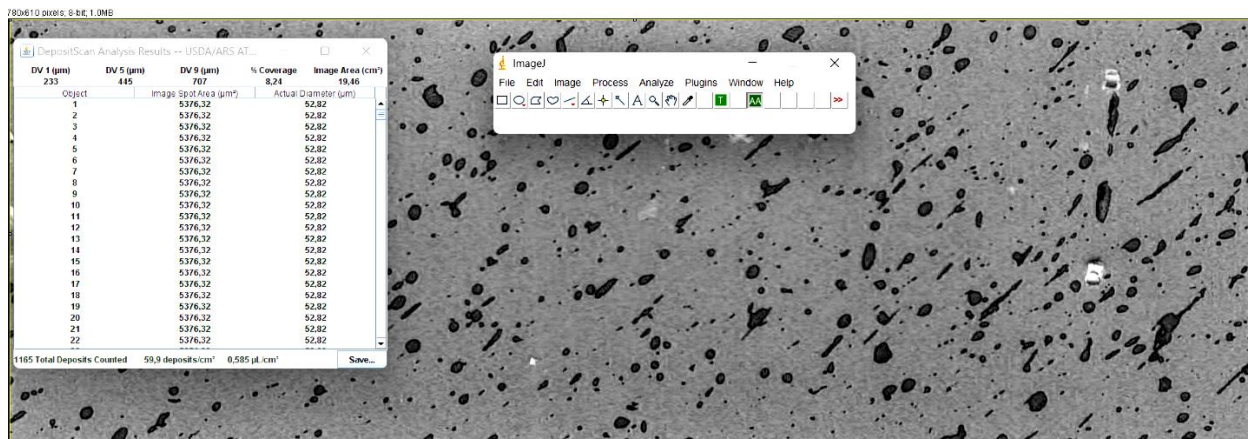


Рисунок 3. Пример обработки изображения в программе DepositScan

Таблица 1. Характеристики параметров полета и внесения рабочего раствора

Параметры полета	Номер эксперимента				
	1	2	3	4	5
Скорость полета, м/с	6,0	8,0	6,0	6,0	7,0
Высота полета над культурой, м	3,0	3,5	3,5	4,0	3,5
Ширина внесения рабочего раствора, м	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
Норма внесения рабочего раствора, л/га	10	10	8	10	9
Скорость атомизаторов форсунок, % от максимума	50	40	30	30	40
Количество ВЧБ, ед.	10	10	12	12	12

Таблица 2. Выборка из таблицы данных о характеристике распределения рабочего раствора

Расположение ВЧБ	Уровень	Процент покрытия	Средний размер капли	Процент покрытия		Средний размер капли	
				Эксперимент № 4	Эксперимент № 5	Эксперимент № 4	Эксперимент № 5
Номер эксперимента		Эксперимент № 4		Эксперимент № 5			
Слева (3,5 м от линии полета)	верх	2,23	139,7	0,9	171		
	низ	1,04	143,7	1,57	164		
Слева (2,1 м от линии полета)	верх	4,06	172,1	5,9	237,4		
	низ	1,45	176,3	1,52	176,3		
Слева (0,7 м от линии полета)	верх	28,45	234	8,24	181,8		
	низ	24	162	4,58	222,5		
Справа (0,7 м от линии полета)	верх	16,74	163,1	28,31	155,3		
	низ	8,85	121,8	2,88	155,4		
Справа (2,1 м от линии полета)	верх	2,24	167,9	7,44	143,4		
	низ	1,71	150,6	2,79	159,8		
Справа (3,5 м от линии полета)	верх	1,25	152,1	0,84	121,7		
	низ	1,12	136,5	1,61	115,6		
Среднее значение	верх	9,16	171,48	8,61	168,43		
	низ	6,36	148,48	2,49	165,6		

На основании рисунка 4 можно отметить, что осаждение рабочего раствора, как в верхнем, так и в нижнем ярусе, приближено к нормальному закону, однако для верхнего яруса вид кривой в большей степени соответствует нормальному распределению. Это обусловлено менее прогнозируемым осаждением капель на высоте до 1 метра из-за сложности обработки высокостебельных культур (нижние листья частично скрыты верхними листьями) и вторичного отражения

воздушного потока от земли. Различия в степени осаждения рабочего раствора между верхним и нижним ярусами растений достигают от 1,5 до 2,5 раз.

Средняя степень покрытия ВЧБ для каждого эксперимента приведена на рисунке 5.

Химические обработки при экспериментах № 4 и № 5 показали самый высокий общий средний показатель покрытия (15,52 и 11,1%) соответственно, за ними следует обработка при эксперименте № 2 (9,52%). В отличие от указанных обработок эксперименты № 1 и № 3 продемонстрировали самые низкие показатели (4,03 и 5,37) соответственно, что делает их наименее эффективными среди всех обработок, выполненных в рамках данного исследования.

На основании полученных результатов можно утверждать, что наиболее рациональными параметрами полета агродрона при обработке кукурузы являются:

- норма внесения рабочего раствора – 10 л;
- установленная ширина внесения – 7 м;
- скорость полета – 6-7 м/с;
- высота полета – 3,5-4 м над культурой;
- скорость атомизаторов – 40 %.

При этом следует отметить, что высокая неравномерность распределения рабочего раствора по ширине захвата при выполнении

экспериментов была обусловлена спецификой проведения испытаний (пролет агродрона только в одну сторону без учета перекрытий). В этой связи особое внимание необходимо уделять определению эффективной ширины захвата агродрона. Последовательность расчета эффективной ширины захвата рассмотрена в разработанной РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» методике испыта-

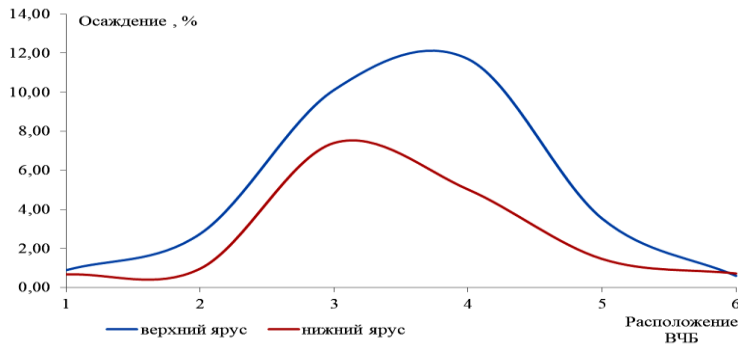


Рисунок 4. Осаждение капель рабочего раствора по ярусам кукурузы (средние значения по пяти экспериментам):
 1 – расположение ВЧБ слева – 3,5 м от линии полета;
 2 – расположение ВЧБ слева – 2,1 м от линии полета;
 3 – расположение ВЧБ слева – 0,7 м от линии полета;
 4 – расположение ВЧБ справа – 0,7 м от линии полета;
 5 – расположение ВЧБ справа – 2,1 м от линии полета;
 6 – расположение ВЧБ справа – 3,5 м от линии полета

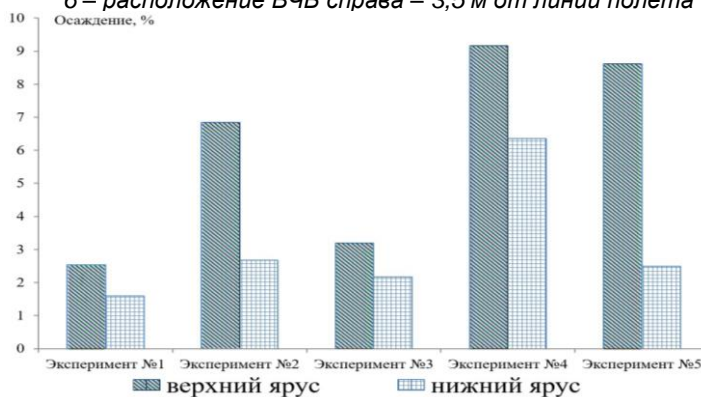


Рисунок 5. Средняя степень покрытия для различных уровней расположения ВЧБ

ний гражданских беспилотных летательных аппаратов для авиационных химических работ. При выполнении реальных химических обработок была установлена эффективная ширина внесения (с учетом перекрытий) или ширина галса полета, равная 6 м. Контроль качества инсектицидной обработки в Молодечненском и Брестском районах осуществлялся также с применением ВЧБ, расположенной перпендикулярно траектории полета агродрона, через один ряд растений.

Результаты обработки изображений и оценки неравномерности распределения рабочего раствора при инсектицидных обработках приведены в таблице 3.

На основании таблицы

3 можно отметить, что вариация параметра степени покрытия ВЧБ составляет свыше 250 % в зависимости от яруса расположения ВЧБ на растении. Тем не менее, данный показатель не следует оценивать по критериям, применяемым к наземным штанговым машинам, поскольку при обработке агродроном реализуется метод ультрамалообъемного опрыскивания. В этой связи требуется проведение дополнительных исследований по определению численных значений качественных параметров осаждения рабочего раствора при авиационном опрыскивании с применением БПЛА.

Оценку размера капли проводят в соответствии с общепринятыми значениями [8]:

- до 150 мкм – условно мелкие;
- 150-300 мкм – средние;
- более 300 мкм – крупные.

В соответствии с ГОСТ 34630-2019 средний размер капли при проведении инсектицидных обработок не превышал 150 мкм.

Оценка биологической эффективности инсектицидных обработок кукурузы при помощи агродрона

В начале июля в Молодечненском районе при проведении визуального учета на растениях кукурузы в стадии «9–10 листьев» отмечена высокая плотность яйцекладок стеблевого кукурузного мотылька (СКМ) – 3,0 шт./100 растений, что послужило основанием для закладки производственного опыта. Максимальная высота растений кукурузы в этот период составила – 1,8 м.

Таблица 3. Характеристики распределения рабочего раствора при обработке инсектицидом

Расположение ВЧБ	Уровень	Процент покрытия	Средний размер капли	Процент покрытия	Средний размер капли
Номер теста		Тест № 1		Тест № 2	
Ряд № 1	верх	-	-	3,69	117,8
	низ	-	-	3,87	113,5
Ряд № 3 (1,4 м)	верх	4,16	114,2	5,1	118,7
	низ	0,94	108,3	1,96	112,9
Ряд № 5 (2,8 м)	верх	8,5	131,4	6,17	118,7
	низ	2,6	116,7	2,81	110,4
Ряд № 7 (4,2 м)	верх	6,4	139,2	7,45	116,2
	низ	1,69	108,1	3,87	119,4
Ряд № 9 (5,6 м)	верх	9,27	114,6	13,43	127,9
	низ	3,62	112,4	2,47	110,2
Ряд № 11 (7,0 м)	верх	6,2	117,3	4,18	109,7
	низ	0,97	102,3	4,9	112,7
Ряд № 13 (8,4 м)	верх	5,41	131,3	8,96	142,8
	низ	2,75	123,8	2,8	114,3
Ряд № 15 (9,8 м)	верх	-	-	5,75	128,1
	низ	-	-	2,69	112,4
Среднее значение	верх	6,66	124,67	6,84	122,49
	низ	2,1	111,93	3,17	113,23

В схему опыта были включены термостойкие инсектициды из химического класса диамида:

– вариант без обработки растений (контрольный вариант);

– Кораген, КС (хлорантранилипрол, 200 г/л) – 0,15 и 0,2 л/га;

– Рино-А, КС (хлорантранилипрол, 200 г/л) – 0,15 и 0,2 л/га.

Установлено, что поврежденность растений гусеницами вредителя перед уборкой кукурузы в условиях 2024 г. в контрольном варианте составила 61,9 % (табл. 4).

Таблица 4. Биологическая эффективность инсектицидов в снижении поврежденности растений кукурузы стеблевым кукурузным мотыльком (производственный опыт, Молодечненский район, гибрид LG 224, 2024 г.)

Вариант опыта, норма расхода препарата, л/га	Повреждено растений перед уборкой, %	Тип повреждений			Биологическая эффективность, %
		слом метелки, %	слом стебля выше початка, %	слом стебля ниже початка, %	
Контрольный вариант (вариант без обработки)	61,9	71,8	12,8	15,4	–
Кораген, КС – 0,15	10,0	80,0	0	20,0	83,8
Кораген, КС – 0,2	4,0	100	0	0	93,5
Рино-А, КС – 0,15	5,0	100	0	0	91,9
Рино-А, КС – 0,2	1,0	100	0	0	98,4

Оценка хозяйственной эффективности применения инсектицида Кораген, КС (нормы расхода – 0,15 и 0,2 л/га) в стадии кукурузы 9-10 листьев (ДК 19 –20) от стеблевого кукурузного мотылька позволила получить урожай зерна кукурузы – 120,0 и 121,0 ц/га соответственно, с сохранением 9,8 и 10,8 ц/га зерна (8,9 и 9,8 %). Это было статистически достоверно по отношению к урожаю в контрольном варианте (табл. 5). При применении препарата Рино-А, КС (нормы расхода 0,15 и 0,2 л/га) получена урожайность культуры – 120,8 и 122,1 ц/га с сохранением 10,6 и 11,9 ц/га зерна (9,6 и 10,8 %).

Результаты феромономониторинга на территории Брестского района во второй половине вегетации кукурузы показали, что в период «цветение – развитие первых зерен» при высоте растений свыше 2,7 м в начале августа отмечены имаго западного кукурузного жука (ЗКЖ) с плотностью 31,1 ос/ловушку за 7 суток (ЭПВ 20,0 ос/ловушку за 7 суток), что послужило основанием для проведения защитной обработки инсектицидами.

Установлено, что применение двухкомпонентных препаратов Эфория, КС (лямбда-цигалотрин, 106 г/л + тиаметоксам, 141 г/л) и Органза, КС (ацетамиприд, 100 г/л + лямбда-цигалотрин, 100 г/л) при норме расхода 0,2 л/га с помощью агродрона снижало численность западного кукурузного жука на первые сутки после обработки на 84,2 и 92,6 %; на 7-е сутки – на 93,9 и 96,5 %; на 16-е – на 92,9 и 94,2 % соответственно по сравнению с численностью вредителя до обработки (табл. 6).

Таким образом, установлено, что обработка кукурузы инсектицидами на основе д.в. хлорантранилипрола, 200 г/л (Кораген, КС и Рино-А, КС) при нормах расхода 0,15 и 0,2 л/га с помощью агродрона позволила снизить поврежденность растений гусеницами стеблевого кукурузного мотылька на 83,8-98,4 %. В результате достоверно сохранено зерна культуры – 9,8-11,9 ц/га (8,9-10,8 %) по отношению к варианту без обработки. Биологическая эффективность инсектицидов Органза, КС и Эфория, КС при норме расхода 0,2 л/га в условиях 2024 г. при плотности карантинного объекта в посевах до обработки 31,1 ос/ловушку за 7 суток составила 84,2-96,5 %. Полученные данные свидетельствуют о высоком потенциале инсектицидов, применяемых с помощью агродрона, в защите растений кукурузы от доминантных че-

Таблица 5. Хозяйственная эффективность инсектицидов в отношении стеблевого кукурузного мотылька в посевах кукурузы (производственный опыт, Молодечненский район, гибрид LG 224, 2024 г.)

Вариант опыта	Норма расхода препарата, л/га	Урожайность зерна, ц/га	Сохраненный урожай зерна	
			ц/га	%
Контрольный вариант (вариант без обработки)	–	110,2	–	–
Кораген, КС	0,15	120,0	9,8	8,9
	0,2	121,0	10,8	9,8
Рино-А, КС	0,15	120,8	10,6	9,6
	0,2	122,1	11,9	10,8
НСР ₀₅		4,27		

Таблица 6. Биологическая эффективность инсектицидов, применяемых с помощью агродрона, в отношении западного кукурузного жука (производственный опыт, Брестская область, гибрид Катарзис, 2024 г.)

Вариант опыта	Норма расхода препарата, л/га	Численность жуков, ос/феромонную ловушку за 7 суток			Снижение численности относительно исходной после обработки по дням учетов, %			
		до обработки	после обработки по дням учета		1	7	16	
			1	7				16
Эфория, КС	0,2	31,1	4,9	1,9	2,2	84,2	93,9	92,9
Органза, КС	0,2		2,3	1,1	1,8	92,6	96,5	94,2

шуккрылых и жесткокрылых вредителей, когда высота растений достигает 1,8 м и более.

Полученные результаты исследований позволяют в дальнейшем сформировать ассортимент инсектицидов для защиты кукурузы от доминантных вредителей в период вегетации, применяемых с помощью агродрона.

Заключение

Проведенные исследования по оценке результатов осаждения рабочего раствора при проведении химических обработок посевов кукурузы с применением агродрона позволили сделать следующие выводы:

1. Разработана методика определения качественных характеристик технологического процесса опрыскивания, которая состоит из следующих последовательных этапов:

- подготовительный (сбор и группировка ВЧБ в соответствии со схемой эксперимента);
- предварительный (сканирование ВЧБ и подготовка снимков для программной обработки);
- аналитический (обработка снимков ВЧБ в специализированном программном приложении и определение характеристик осаждения рабочего раствора);
- оценка результатов (обобщение полученных результатов и подготовка заключения по результатам экспериментальных исследований).

2. Выполнена обработка изображений распределения капель рабочего раствора на водочувствительной бумаге при различных параметрах работы агродрона. Установлено, что вариация параметра степени покрытия ВЧБ составляет свыше 250 % в зависимости от яруса расположения ВЧБ на растении, что позволяет предполагать о невозможности оценки данного показателя по критериям, применяемым к наземным штанговым машинам. В этой связи требуется проведение дополнительных исследований по определению численных значений качественных параметров осаждения рабочего раствора при авиационном опрыскивании с применением БПЛА. Средний размер капли при проведении инсектицидных обработок не превышал 150 мкм.

3. На основании результатов мониторинга посевов кукурузы с высокой плотностью яйцекладок стеблевого кукурузного мотылька и имаго западного кукурузного жука в разных регионах страны дана оценка эффективности системных инсектицидов с разными нормами расхода, вносимых агродроном, для защиты культуры в начале июля и начале августа. Эффективность проведенных мероприятий против

стеблевого кукурузного мотылька составила 83,8-98,4 % с сохранением 9,8-1,9 ц/га урожая зерна кукурузы или на 8,9-10,8 % выше по отношению к контрольному варианту. Биологическая эффективность инсектицидов против западного кукурузного жука составила 84,2-96,5 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Experimental Analysis of Flight Altitude for Enhanced Agricultural Drone Spraying Performance / H. Desa, M. Azizi Azizan, N. Ishak, T. Xi Hang // *Journal of Robotics, Networking and Artificial Life*. – June 2023, Vol. 10, № 1. – P. 71-76.

2. Uyar, H. Analyzing Spray Coverage and Deposition Using Spraying Drones in Vineyards / H. Uyar; Department of Agronomy, Food, Natural Resources, Animals and Environment: Second Cycle Degree (MSc) in Sustainable Agriculture, 2023 – 73 p.

3. Design and performance test of a novel UAV air-assisted electrostatic centrifugal spraying system / H. Hu1, Y. Kaizu, J. Huang, K. Furuhashi, H. Zhang // *Int J Agric & Biol Eng*. – 2022. – Vol. 15, № 5. – P. 34-40.

4. Borisenko, I. B. Qualitative indicators of spraying when using the method of strip chemical treatment of sunflower / I. B. Borisenko, M.V. Meznikova // *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp*. – 2021. – № 2 (62). – P. 338-347.

5. Мезникова, М.В. Методика оценки качественных показателей опрыскивания на основе анализа тонового изображения объекта в цветовом пространстве файла / М.В. Мезникова // *Вестник аграрной науки Дона*. – 2022. – Т. 15, № 3 (59). – С. 61-71.

6. A portable scanning system for evaluation of spray deposit distribution. – URL: https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/50820500/Publications/Zhu_2010_DepositScan.pdf (date of access: 16.07.2024).

7. Heping, Zhu. A portable scanning system for evaluation of spray deposit distribution / Zhu Heping // *Computers and Electronics in Agriculture*, 2011. – № 76. – P. 38-43.

8. Техника сельскохозяйственная. Машины для защиты растений. Опрыскиватели. Методы испытаний: ГОСТ 34630-2019; введен 15.03.2021. – М.: Стандартинформ, 2020 – 37 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 26.08.2025

УПРАВЛЕНИЕ ИНФРАКРАСНОЙ МОДУЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ ОБОГРЕВА КРУПНОГАБАРИТНЫХ ЦЕХОВ

Е.С. Шмелев,

Ученый секретарь Института энергетики НАН Беларуси, канд. техн. наук

А.П. Ахрамович,

ведущ. науч. сотр. Института энергетики НАН Беларуси, канд. техн. наук

К.В. Гаркуша,

ст. преподаватель каф. энергетики БГАТУ

Рассмотрен процесс поддержания нормируемых температурных условий на производственных участках крупногабаритных цехов с помощью модульной инфракрасной системы. Обоснован энергосберегающий алгоритм управления ее мощностью в рабочем и дежурном режимах. Предложен принцип распределения мощности по нагревательным элементам высокотемпературных инфракрасных излучателей с кусочно-непрерывным профилем поверхности отражателя. Сделан вывод о целесообразности двухпозиционного регулирования мощности – в дежурном режиме, а четырехпозиционного – в рабочем.

Ключевые слова: электрические высокотемпературные излучатели, отражатель с кусочно-непрерывным профилем поверхности, инфракрасный модуль, управление мощностью, рабочий и дежурный режимы.

The process of maintaining standardized temperature conditions in large-scale industrial workshops using a modular infrared system is considered. The energy-saving algorithm for controlling the system's power in operating and standby modes is justified. The principle for distributing power among heating elements of high-temperature infrared emitters with a piecewise-continuous reflector surface profile is proposed. It is concluded that two-position power control is appropriate in standby mode and four-position control is effective in operating mode.

Keywords: electric high-temperature emitters, reflector with a piecewise continuous surface profile, infrared module, power control, working and standby modes.

Введение

Электрическая инфракрасная система с блочной структурой, состоящая из отдельных автономных инфракрасных модулей, является одной из наиболее перспективных для отопления крупногабаритных производственных корпусов [1]. В ее состав входят высокотемпературные инфракрасные излучатели с тремя электронагревательными элементами и отражателем с кусочно-непрерывным профилем поверхности, шкафы управления, температурные датчики, кабельная продукция и коммутационная аппаратура.

Достичь высокой энергетической эффективности инфракрасной системы возможно только при автоматизации процесса обогрева, обеспечивающей поддержание тепловых условий в рабочей зоне в допустимых пределах и в соответствии с производственным графиком работ. Исследованию данного вопроса много внимания уделяли Ф.А. Миссенар, А.И. Богомолов, А. Мачкаши, А.К. Родин, Н.Н. Болотских [2-10]. Их анализ показал, что для разработки алгоритма управления не требуются сложные многомерные математические модели теплопереноса. Для этого приемлемы подходы, позволяющие наиболее отчетливо ви-

деть влияние воздействующих факторов на изменение тех или иных регулируемых параметров.

Целью работы является обоснование алгоритма управления мощностью инфракрасного модуля, позволяющего снизить энергетические затраты на поддержание нормируемых температурных условий на производственных участках крупногабаритных цехов.

Основная часть

Управление тепловыми условиями производственного участка

Рассмотрим производственный участок, представляющий собой замкнутый объем, ограниченный боковыми, нижней и верхней ограждающими конструкциями. На участке расположено технологическое оборудование, выделяющее при работе теплоту, в рабочее время включена вентиляция. Излучатели инфракрасного модуля разделены на две секции: верхнюю, создающую фоновую температуру на участке, и нижнюю – для поддержания требуемых тепловых условий в рабочий период.

При моделировании теплообмена падающий на оборудование лучистый поток учтем, как внутреннее

тепловыделение, добавляемое к выделяемой теплоте электродвигателями, а нагрев воздуха от поглощенного излучения смоделируем воздействием рассредоточенных по его объему внутренних источников. Тепловые потери определим с помощью коэффициента теплопередачи через ограждающие конструкции.

Запишем нестационарные уравнения сохранения энергии для воздуха и оборудования

$$C\rho V \frac{dT}{d\tau} = q + q_{vent} + (\alpha F)_{eq} (T_{eq} - T) + (kF)_w (T_{out} - T); \quad (1)$$

$$(C\rho V)_{eq} \frac{dT_{eq}}{d\tau} = q_{eq} + N_{eq} - (\alpha F)_{eq} (T_{eq} - T), \quad (2)$$

где C – удельная теплоемкость, Дж/(кг·К);

ρ – плотность, кг/м³;

V – объем, м³;

T – температура, К;

τ – время, с (индексом «и» обозначены параметры ограждений, «eq» – технологического оборудования, «out» – наружного воздуха; параметры без индексов относятся к внутреннему воздуху);

q – мощность внутренних источников (инфракрасного излучения, нагревающего воздух), Вт;

q_{vent} – мощность теплопоступлений от вентиляционного воздуха или отдачи ему теплоты, Вт;

α – коэффициент теплообмена, Вт/(м²·К);

F – площадь поверхности теплообмена, м²;

q_{eq} – лучистый поток, падающий на технологическое оборудование, Вт;

k – коэффициент теплопередачи, Вт/(м²·К);

N_{eq} – мощность тепловыделения от электродвигателей, Вт

Для исследования закономерностей изменения температур перепишем уравнения (1), (2) в безразмерном виде

$$\frac{d\theta}{d\tau} = K_q K_w + K_\sigma (\theta_{eq} - \theta) + K_w (\theta_{out} - \theta); \quad (3)$$

$$\frac{d\theta_{eq}}{d\tau} = K_\sigma (K_{eq} - \theta_{eq} + \theta), \quad (4)$$

где

$$\theta = \frac{T - T_{cal}}{T_n - T_{cal}}; \theta_{out} = \frac{T_{out} - T_{cal}}{T_n - T_{cal}}; \theta_{eq} = \frac{T_{eq} - T_{cal}}{T_n - T_{cal}};$$

$$\bar{\tau} = \frac{\tau}{\tau_p}; K_q = \frac{q + q_{vent}}{(kF)_w (T_n - T_{cal})};$$

$$K_w = \frac{(kF)_w \tau_p}{C\rho V}; K_{eq} = \frac{q_{eq} + N_{eq}}{(\alpha F)_{eq} (T_n - T_{cal})};$$

$$K_\sigma = \left(\frac{\alpha F}{C\rho V} \right)_{eq} \tau_p,$$

где T_n – нормируемая температура внутреннего воздуха в рабочее время, К;

T_{cal} – расчетная температура наружного воздуха, К;

τ_p – длительность рассматриваемого периода, с;

K_q – отношение подаваемой мощности на нагрев воздуха к тепловым потерям при $T = T_n, T_{out} = T_{cal}$;

K_{eq} – отношение выделяемой мощности в технологическом оборудовании к отдаваемой внутреннему воздуху;

K_w и K_σ – отношение отдаваемой энергии к поглощаемой для воздуха и технологического оборудования соответственно.

Для решения системы зададим начальные условия: $\bar{\tau} = 0; \theta = \theta_0; \theta_{eq} = \theta_{eq0}$.

График работы цеха (идет производственный процесс – рабочий режим; работы не проводятся – дежурный режим) обуславливает функционирование инфракрасного модуля.

Рассмотрим дежурный режим, приняв для начала, что на рабочем участке нет технологического оборудования, а параметр K_w и температура наружного воздуха не меняются во времени, вентиляция отключена. Тогда проинтегрируем уравнение (3), задав $\theta = 1$ при $\bar{\tau} = 0$, и запишем решение в виде:

$$\theta = \theta_{out} + K_q + (1 - \theta_{out} - K_q) \exp(-K_w \bar{\tau}). \quad (5)$$

Проанализируем полученное уравнение (5). На первом этапе дежурного режима происходит остывание воздуха ($K_q = 0$) – снижение температуры от начального значения $\theta = 1$ по экспоненте, крутизна которой зависит от величины K_w . Строительными нормами регламентирована минимальная температура воздуха в дежурном режиме $T_{min} = 5$ °С (по ее достижении необходимо включать систему обогрева). Включение системы возможно при любой температуре из диапазона $\theta \in [\theta_{min}; 1]$, до которой она снижается за период τ^* . В любом случае к началу рабочей смены требуется обеспечить нормируемое значение T_n . Возникает вопрос, как это сделать с наименьшими затратами энергии.

Воспользовавшись уравнением (5), найдем промежутки времени τ^* , за которые температура снижается до θ^* , и промежутки τ^{**} , за которые она поднимается от θ^* до 1 к началу рабочей смены:

$$\tau^* = \frac{1}{K_w} \ln \frac{\theta^* - \theta_{out}}{1 - \theta_{out}}; \quad (6)$$

$$\tau^{**} = 1 - \frac{1}{K_w} \ln \frac{\theta^* - \theta_{out} - K_q}{1 - \theta_{out} - K_q}. \quad (7)$$

Если $\tau^* > 1 - \tau^{**}$, то мощности инфракрасного модуля недостаточно, чтобы обеспечить нормируемую температуру. При $\tau^* < 1 - \tau^{**}$ в промежуточном интервале между остыванием и нагревом («натопом») требуется подводить мощность, компенсирующую тепловые потери для стабилизации температуры.

Затраты энергии за весь период дежурного режима составят

$$E = E^* + E^{**} \quad (8)$$

$$E^* = K_q^* (\tau^{**} - \tau^*); E^{**} = K_q (1 - \tau^{**}), \quad (9)$$

где K_q^* находится из условия $\theta = \theta^* = \text{Const}$.

Подставим выражения (6) и (7) в (8) и продифференцируем по K_q , а полученное выражение приравняем к нулю. В результате получим трансцендентное уравнение

$$\ln \frac{\theta^* - \theta_{out} - K_q}{1 - \theta_{out} - K_q} + \frac{1 - \theta^*}{1 - \theta_{out} - K_q} = 0, \quad (10)$$

которое имеет решение при $K_q \rightarrow \infty$.

Таким образом, при возрастании внедряемой мощности сокращается потребление энергии. Наименее энергозатратным алгоритмом работы инфракрасной системы обогрева в дежурном режиме, учитывая, что внедряемая мощность ограничена сверху величиной установленной мощности, является следующий:

1) отключение инфракрасного модуля на период $[0; \tau^*]$, за который воздух охлаждается до минимальной возможной температуры $\theta^* = \theta_{min}$;

2) включение верхней секции модуля на мощность K_q^* на период $[\tau^*; \tau^{**}]$ для поддержания температуры $\theta = \theta^*$;

3) включение инфракрасного модуля (верхней и нижней секций) на полную мощность и нагрев воздуха до нормируемой рабочей температуры за период $[\tau^{**}; 1]$;

4) если установленной мощности недостаточно (например, при резких похолоданиях) для прогрета воздуха от θ_{min} до $\theta = 1$ за интервал времени $1 - \tau^{**}$, то включить инфракрасный модуль следует ранее, при $\theta = \theta^* > \theta_{min}$.

В реальных условиях производства на тепловую обстановку оказывает влияние технологическое оборудование, имеющее большую массу, а следовательно, и тепловую инерционность. Временные зависимости температуры воздуха и оборудования находятся из решения системы уравнений (3), (4). Результаты расчетов показали, что остывание воздуха с учетом технологического оборудования замедляется, и при большой его тепловой инерционности может не достигнуть минимально допустимой температуры. В то же время в режиме «натоп» кривые изменения температуры воздуха с учетом оборудования и без его учета практически совпадают (различие даже к началу рабочего режима не превышает нескольких градусов). Однако это имеет место только при условии, что оборудование имело начальную температуру, близкую к нормируемой температуре воздуха. После выходных или праздничных дней, естественно, необходима дополнительная энергия на его прогрев.

Таким образом, преимущество аккумулирования теплоты заключается в продлении периода снижения температуры воздуха до предельно допустимых значений, а, следовательно, и в уменьшении энергетических затрат. Данный вывод справедлив и при учете тепловой инерционности ограждающих конструкций.

В период рабочего режима включены – система вентиляции и технологическое оборудование. Дополнительная теплота позволяет снизить мощность инфракрасного модуля, и для управления тепловыми условиями в рабочей зоне ограничиться только нижней секцией излучателей, оставив для верхней поддержание «фоновой» температуры θ_f , значение которой зависит от установленных мощностей секций, вентиляции, массы технологического оборудования, температуры наружного воздуха, и может быть найдена из условия минимизации затрат на обогрев и вентиляцию.

Управление мощностью инфракрасных излучателей

Характерная особенность высокотемпературных инфракрасных излучателей заключается в малой маневренности – узости диапазона возможного изменения мощности [1; 8]. В связи с этим поддержание нормируемых температурных условий происходит в импульсном режиме путем включения-отключения излучателей. С целью более точного соблюдения требуемой температуры следует изменять мощность хоть и ступенчато, но с меньшим шагом. Для этого ТЭНы всех излучателей нижней секции разделяются на группы, в каждую из которых входит по одному ТЭНу излучателя. В этом случае мощность секции может принимать уже не два значения: 0; 1 номинальной мощности N_n (двухпозиционное регулирование), а четыре: 0; 1/3; 2/3; 1 (четырёхпозиционное регулирование).

Процесс управления строится следующим образом. Весь диапазон допустимых значений температуры воздуха $T_n \pm \Delta T_n$ разбивается на два интервала, и значения их границ в порядке возрастания $\theta_i, i = 1, 3$ вносятся в таблицу температурных уставок. Текущая температура воздуха в контрольных точках рабочей зоны сравнивается с табличными данными и по результатам дается команда на включение или отключение групп ТЭНов

$$\begin{aligned} T < \theta_1; N &= N_n; \\ \theta_1 \leq T < \theta_2; N &= 2/3 N_n; \\ \theta_2 \leq T < \theta_3; N &= 1/3 N_n; \\ T \geq \theta_3; N &= 0. \end{aligned} \quad (11)$$

Обозначив номинальную мощность i -й группы ТЭНов как N_i , запишем формулу для расчета суммарной мощности в виде:

$$N = \sum_{i=1}^3 N_i U(\theta_i - T) [2U(\theta_i - T) - 1], \quad (12)$$

где U – ступенчатая единичная симметричная функция.

Теплоотдача с поверхности ТЭНов осуществляется за счет радиационного и конвективного механизмов переноса энергии. При работе на мощностях, близких к номинальной, лучистая теплоотдача преоб-

ладает над конвективной, и входящие в уравнения (1), (2) мощности будут равны

$$q = \varepsilon_{air} N; \quad q_{eq} = \varepsilon_{eq} N, \quad (13)$$

где ε_{air} – доля поглощенного воздухом лучистого потока;

ε_{eq} – доля лучистого потока, падающего на технологическое оборудование.

Решение системы уравнений (1), (2) после подстановки выражений (13) находится численными методами. Его устойчивость и единственность требуют, чтобы подынтегральные выражения были непрерывно дифференцируемыми. Для этого аппроксимируем ступенчатые функции непрерывными, воспользовавшись функцией ошибок, которая хорошо зарекомендовала себя при практических расчетах

$$U(\Theta_i - T) = \lim_{\varphi \rightarrow 0} \frac{1}{2} \left[\operatorname{erf} \left(\frac{\Theta_i - T}{\varphi} \right) + 1 \right]. \quad (14)$$

Выполнив расчет с несколькими убывающими значениями φ , окончательное решение найдем путем экстраполяции при $\varphi \rightarrow 0$.

На рисунке 1 представлены графики изменения температуры воздуха (а), а также суммарной мощности излучателей, отнесенной к номинальной (б), при постоянной температуре наружного воздуха.

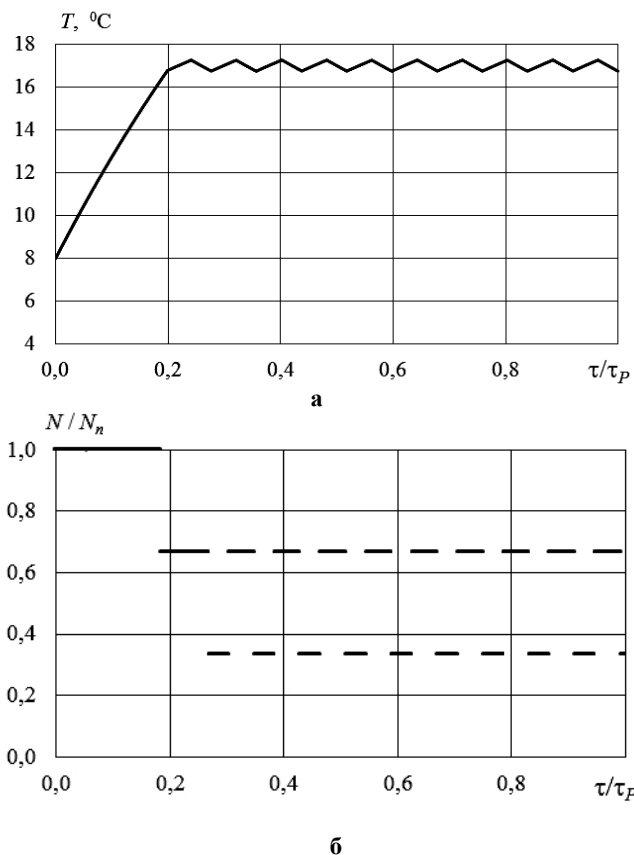


Рисунок 1. Четырехпозиционное управление мощностью инфракрасного модуля: а – температура воздуха; б – суммарная относительная мощность инфракрасных излучателей

В дежурном режиме в промежутке между периодами остывания и «натопки» можно одновременно изменять мощность всех излучателей, не деля ТЭНы на группы, поскольку диапазон допустимых колебаний температуры более широк.

Для уменьшения количества переключений с мощности на мощность, которые ведут к ослаблению контактов и уменьшению срока службы ТЭНов, используем распространенный прием – температурный гистерезис. Суть его заключается в различии температур срабатывания команд на включение и отключение групп ТЭНов. В этом случае важна настройка блока управления – поиск оптимальных значений температуры срабатывания регулятора.

На рисунке 2 приведены – температурная кривая (а) и изменение относительной мощности инфракрасного модуля (б) при двухпозиционном регулировании мощности.

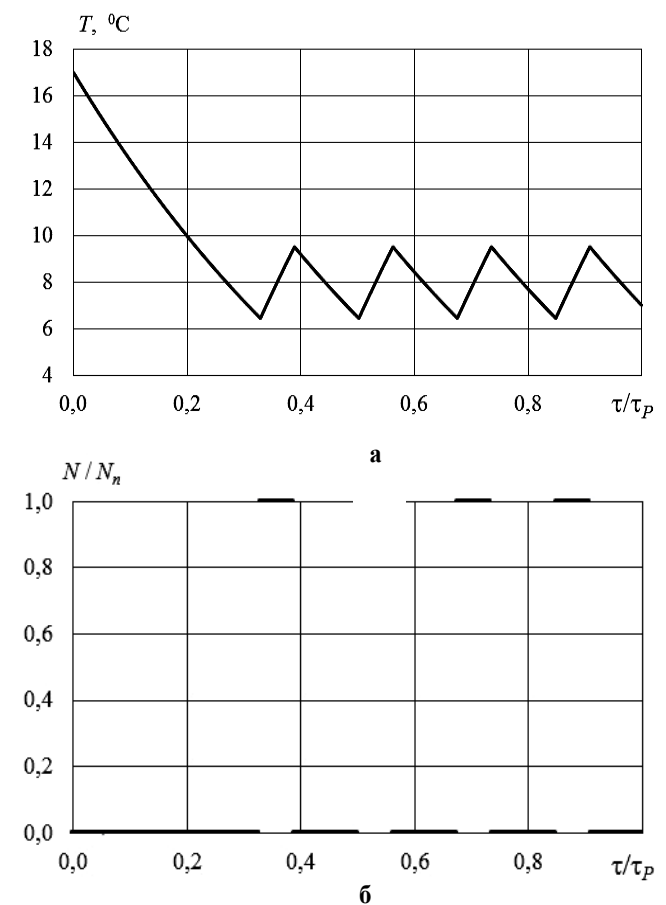


Рисунок 2. Двухпозиционное управление мощностью инфракрасного модуля: а – температура воздуха; б – суммарная относительная мощность инфракрасных излучателей

Применение гистерезиса позволяет снизить количество переключений мощности в 4-6 раз в зависимости от величины рассогласования уставовленных температур включения-выключения группы ТЭНов (0,5-1,5 °С). При увеличении диапазона рассогласования амплитуда колебаний растет.

Заключение

В результате проведенных исследований установлен порядок работы инфракрасного модуля в дежурном и рабочем режимах. Добиться более точного поддержания нормируемой температуры можно не только за счет разбиения ТЭНов на группы, но и изменения мощности группы ТЭНов (например, до 0,75 номинальной). Так, если мощность только одной группы ТЭНов принимает три значения (0; 0,75; 1 от номинальной), то число уставок уже будет равно 7, а в случае, когда две группы ТЭНов смогут иметь по три значения мощности, их число увеличится до 9. При этом интервалы между температурными уставками уменьшаются так же, как и периоды времени между изменениями мощности, растет количество переходов с мощности на мощность.

Рациональным подходом к оптимизации регулирования работой модулей является снижение количества групп ТЭНов, что позволяет избежать роста числа переключений и усложнения блоков управления. В ином случае дополнительно требуется повысить точность замеров температуры в контрольных точках, в то время как в алгоритме управления используются осредненные значения, уже вносящие определенную погрешность.

Таким образом, четырехпозиционное регулирование мощности в рабочее время является вполне приемлемым вариантом для поддержания температуры производственного участка в допустимых пределах. В дежурном режиме и для создания фоновой температуры можно ограничиться двухпозиционным регулированием. При этом для уменьшения частоты изменения мощности применяется температурный гистерезис.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шмелев, Е.С. Модульная инфракрасная система отопления крупногабаритных производственных корпусов / Е.С. Шмелев, А.П. Ахрамович, В.К. Гаркуша // Агропанорама. – 2025. – № 2 – С. 13-17.

2. Строй, А.Ф. Управление тепловым режимом зданий и сооружений / А.Ф. Строй. – Киев: Вища школа, 1993. – 154 с.

3. Табунщиков, Ю.А. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий / Ю.А. Табунщиков, М.М. Бродач. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2002. – 194 с.

4. Нагорная, А.Н. Математическое моделирование и исследование нестационарного теплового режима зданий: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.18 / Нагорная Анастасия Николаевна; ГОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет». – Челябинск, 2008. – 148 с.

5. Дмитриев, Г.М. Базовая модель сопряженного расчета оптимальных параметров системы инфракрасного обогрева цехов приборостроительных предприятий: дис. ... канд. техн. наук: 01.04.14 / Дмитриев Геннадий Михайлович; ГНУ «Объединенный институт энергетических и ядерных исследований «Сосны» НАН Беларуси. – Минск, 2003. – 165 с.

6. Тверской, М.М. Постановка задачи оптимального управления тепловым режимом здания при комбинированной системе отопления / М.М. Тверской, Д.В. Румянцев // Вестник ЮУрГУ. Сер. Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. – 2012. – Вып. 16, № 23. – С. 16-20.

7. Панферов, В.И. Об оптимальном управлении тепловым режимом зданий / В.И. Панферов, Е.Ю. Анисимова, А.Н. Нагорная // Вестник ЮУрГУ. Сер. Энергетика. – 2007. – Вып. 8, № 20. – С. 3-9.

8. Ахрамович, А.П. Развитие инфракрасного электрообогрева в Республике Беларусь / А.П. Ахрамович, Е.С. Шмелев // Энергоэффективность. – 2021. – № 9. – С. 30-32.

9. Ясинский, Ф.Н. Математическое моделирование процессов вентиляции и отопления больших производственных, культурных и спортивных помещений // Ф.Н. Ясинский, А.С. Кокорин // Вестник ИГЭУ. – 2010. – Вып. 3. – С. 1-3.

10. Корн, Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров / Г. Корн, Т. Корн. – М.: Наука, 1970. – 720 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 05.11.2025

“Агропанорама” - научно-технический журнал для работников агропромышленного комплекса. Это издание для тех, кто стремится донести результаты своих исследований до широкого круга читателей, кого интересуют новые технологии, кто обладает практическим опытом решения задач.

Журнал “Агропанорама” включен в список изданий, рекомендуемых Высшей аттестационной комиссией для опубликования результатов диссертационных исследований по техническим (сельскохозяйственное машиностроение и энергетика, технический сервис в АПК), экономическим (АПК) и сельскохозяйственным наукам (зоотехния).

Подписной индекс в каталоге Республики Беларусь: для индивидуальных подписчиков - 74884, предприятий и организаций - 748842.

Стоимость подписки на 1-е полугодие 2026 года: для индивидуальных подписчиков - 61,68 руб., ведомственная подписка - 63,63 руб.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ В АПК

В.А. Ковалев,

доцент каф. электроснабжения и электротехники БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

А.В. Крутов,

доцент каф. электроснабжения и электротехники БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

В.А. Пашинский,

зав. каф. энергоэффективных технологий Международного государственного экологического института им. А.Д. Сахарова БГУ, канд. техн. наук, доцент

В статье анализируются области применения технологии Интернета вещей в АПК. Наиболее перспективными для применения Интернета вещей в АПК на современном этапе являются – предиктивное техническое обслуживание электроустановок на перерабатывающих предприятиях, «точное земледелие», «умное животноводство». В качестве сдерживающих факторов широкого применения данной технологии можно отметить – недостаточно развитое состояние стандартизации в этой области, проблемы безопасности, сложности метрологического обеспечения.

Ключевые слова: Интернет вещей, предиктивное техническое обслуживание, «точное земледелие», тепличное хозяйство, «умное животноводство», стандартизация, достоверность, метрологическое обеспечение.

The article analyzes the areas of Internet of Things technology application in agribusiness. The most promising areas for current application in agribusiness are predictive maintenance of electrical installations at processing enterprises, precision farming, and smart animal husbandry. The factors hindering the widespread application of this technology in agribusiness include insufficient standardization of the area, problems with security, and metrological support problems.

Keywords: Internet of Things, predictive maintenance, precision agriculture, greenhouse farming, smart animal husbandry, standardization, reliability, metrological support.

Введение

Четвертая промышленная революция, на пороге которой мы стоим, включает ряд технологических концепций, одной из которых является Интернет вещей (англ. *internet of things, IoT*) – концепция сети передачи данных между физическими объектами («вещами»), оснащенными встроенными средствами и технологиями для взаимодействия друг с другом или с внешней средой. Предполагается, что организация таких сетей способна перестроить экономические и общественные процессы, исключить из части действий и операций необходимость участия человека. Концепция была сформулирована в 1999 году как осмысление перспектив широкого применения средств радиочастотной идентификации для взаимодействия физических предметов между собой и с внешним окружением. Наполнение концепции многообразным технологическим содержанием и внедрение практических решений для ее реализации, начиная с 2010-х гг. считается устойчивой тенденцией в информационных технологиях, прежде всего благо-

даря повсеместному распространению беспроводных сетей, появлению облачных вычислений, развитию технологий межмашинного взаимодействия, началу активного перехода на IPv6 и освоению программно-определяемых сетей [1].

Анализу вопросов применения Интернета вещей в различных сферах человеческой деятельности и проблемам, связанным с этим, посвящены работы Д. Швецова, А. А. Тускова, С. Грингарда, М.Н. Осовина, К.В. Сапожниковой и многих других [2-5].

Интернет вещей уже сейчас находит применение при построении таких комплексных систем, как «умный дом», «умный город», «умная медицина», «умное сельское хозяйство» и др. (рис. 1) [2, 3; 7].

Цель данной статьи – выделить наиболее перспективные области для внедрения IoT в АПК.

Материалы и методы

Исследование базировалось на изучении и обобщении литературных источников отечественных и зарубежных авторов. В ходе исследования применялись методы – системного анализа и экспертных оценок.

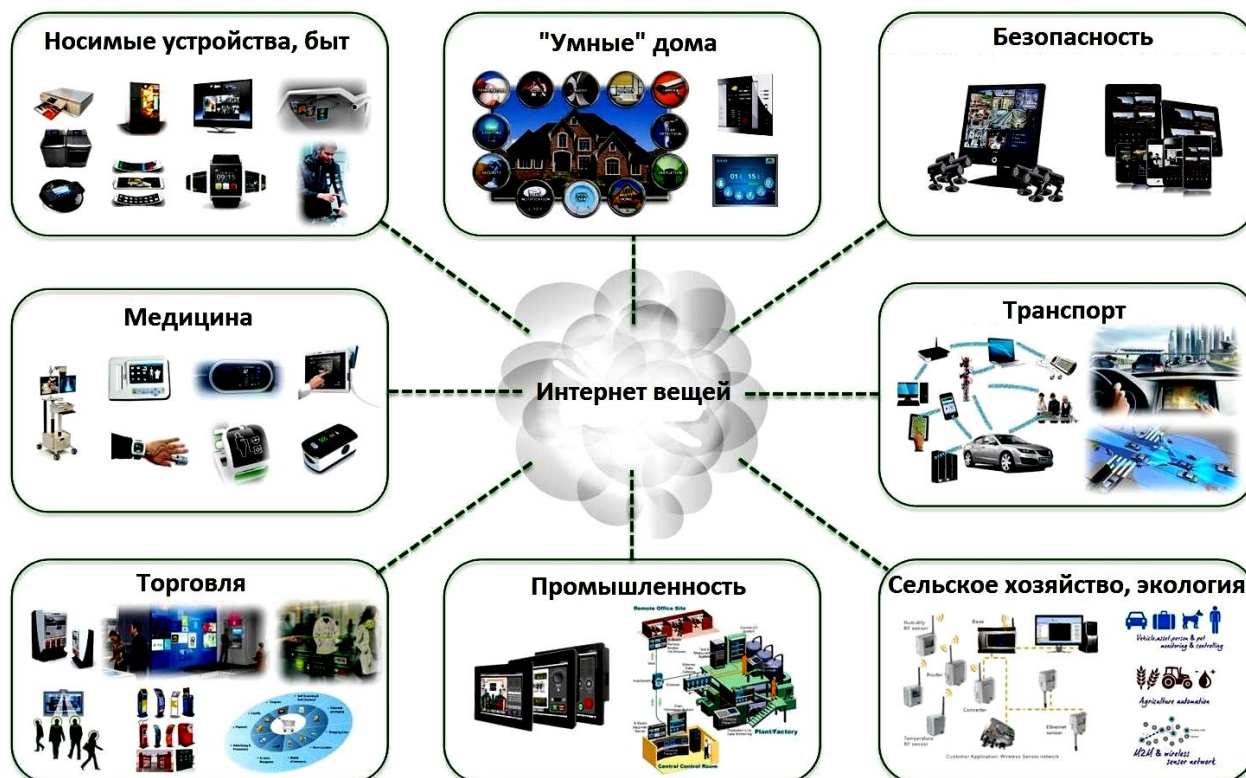


Рисунок 1. Области применения Интернета вещей

Основная часть

Сельское хозяйство и другие объекты агропромышленного комплекса (АПК) можно отнести к перспективным для внедрения IoT, хотя далеко не везде можно ожидать его быстрое применение [6, 7]. В первую очередь сюда можно отнести такое направление, как предиктивное (предсказательное) техническое обслуживание оборудования (PdM). «Предиктивное техническое обслуживание – это стратегия проактивного обслуживания, которая использует анализ данных, мониторинг состояния в реальном времени и передовые технологии для прогнозирования отказов оборудования до их возникновения, что позволяет проводить плановые и своевременные вмешательства. В отличие от традиционных подходов к обслуживанию, таких как реактивное обслуживание, когда ремонт выполняется после отказа, или профилактическое обслуживание, которое включает в себя плановое обслуживание на основе установленного графика, PdM обслуживание основано на анализе реальных данных и фокусируется на фактическом состоянии оборудования для оптимизации его графиков обслуживания» (рис. 2) [8].

В настоящее время PdM обслуживание является тем направлением Промышленного Интернета вещей (Industrial Internet of Things – IIoT), которое в отличие от других направлений, касающихся непосредственного управления технологическими процессами промышленного производства, уже широко применяется на Западе, а также в России и Беларуси. Это можно

объяснить тем, что при предиктивном обслуживании все заканчивается выработкой рекомендаций по срокам и объемам обслуживания, но в конечном счете решение остается за экспертами, т.е. отсутствует непосредственное вмешательство в технологический процесс, а значит сохраняется его безопасность.

Наиболее подготовленными для широкого внедрения PdM обслуживания в АПК можно признать электроустановки перерабатывающих предприятий – молочных заводов, мясокомбинатов, консервных заводов, сыродельных предприятий и некоторых других. Эти предприятия отличает высокий уровень автоматизации, где широко применяются логические контроллеры с возможностью организации передачи в сеть многих данных, характеризующих состояние электрооборудования, задействованного в АСУ ТП. Там также широко применяются преобразователи частоты (ПЧ) для регулируемого электропривода. Данные с ПЧ могут передаваться в программное обеспечение верхнего уровня, создавая тем самым базовые условия для организации предиктивного обслуживания [9].

В качестве перспективной области для применения IoT также можно выделить «точное земледелие» [10, 11]. Для успешного ведения «точного земледелия» нужен постоянный мониторинг многих параметров: питательного состава почвы, влажности, кислотности и некоторых других. Необходимо также отслеживать состояние всходов после посева, их развитие, засоренность, подверженность действию вредителей. Одновременно должны контролироваться



Рисунок 2. Предиктивное техническое обслуживание

параметры окружающей среды: температура воздуха, его влажность и т.д.

Далеко не все перечисленные выше величины легко измерить в реальном времени. Так, плодородие почв и их питательный состав можно определить только с применением аналитических приборов. Следовательно, необходимо предварительно провести такие измерения и составить соответствующую базу данных, обеспечив доступ к ней через Интернет.

Еще один непростой вопрос – измерение такого важного параметра, как влажность почвы. В первую очередь интерес представляет влажность поверхностного слоя (где расположена корневая система), а она может быть разной для разных культур. Именно на такой глубине должен находиться чувствительный элемент датчика влажности. Встает вопрос: как быть с этими датчиками, разнесенными в пространстве, при проведении полевых работ по подготовке почвы к следующему сезону (например, вспашке), чтобы их не повредить?

Также не до конца решенным остается вопрос электропитания измерительных преобразователей. Далеко не все серийно выпускаемые интеллектуальные датчики соответствуют минимальному энергопотреблению. Следовательно, стоит задача разработки модификаций, соответствующих этим требованиям.

Далее на помощь должен прийти Интернет вещей. После обработки массива данных от измерительных преобразователей и базы данных о плодородии почв полей можно более обоснованно принимать управленческие решения по срокам посадки, внесения удобрений, применения гербицидов, инсектицидов и т.д.

Наиболее подготовленным сектором земледелия для применения IoT, на наш взгляд, является выращивание овощей в защищенном грунте, т.е. тепличное хозяйство. Теплицы имеют ограниченную площадь, выращивание растений в основном производится по гидропонной технологии, что облегчает контроль питания растений, обеспечивая их оптимальность.

«Умную теплицу» можно представить как киберфизическую систему, архитектура которой может быть представлена в виде следующих уровней (рис. 3):

1. *Периферийный уровень* (уровень датчиков), включающий распределенную сеть сенсоров для мониторинга таких параметров, как температура и влажность воздуха, влажность почвы, интенсивность фотосинтетически активной радиации, концентрация CO₂; гидропонных параметров – pH, электропроводность питательного раствора, уровень растворенного кислорода; биологических показателей – диаметр стебля, тургор листа (с использованием дендрометров и других методов).

2. *Сетевой уровень* (передачи данных) обеспечивает коммуникацию между устройствами. Для условий теплиц с высоким уровнем влажности и металлоконструкций наиболее эффективны технологии с низким энергопотреблением и большой дальностью действия, такие как LoRaWAN и NB-IoT.

3. *Уровень платформы и аналитики* (облачный) – данные агрегируются на IoT-платформах. На этом уровне применяются алгоритмы машинного обучения для выявления аномалий, прогнозирования развития заболеваний и построения предиктивных моделей роста культуры.

4. *Уровень исполнительных механизмов* – на основе аналитических решений формируются управляющие сигналы для исполнительных устройств (систем капельного полива и фертигации, моторов открывания фрамуг, систем отопления, досвечивания и туманообразования).

Внедрение IoT-решений позволяет оптимизировать ключевые производственные процессы:

1. *Управление микроклиматом.* Традиционное регулирование основано на поддержании заданных пороговых значений. IoT-система реализует динамическое управление. Например, алгоритм может временно повысить допустимый порог температуры при низкой влажности воздуха для активации работы си-

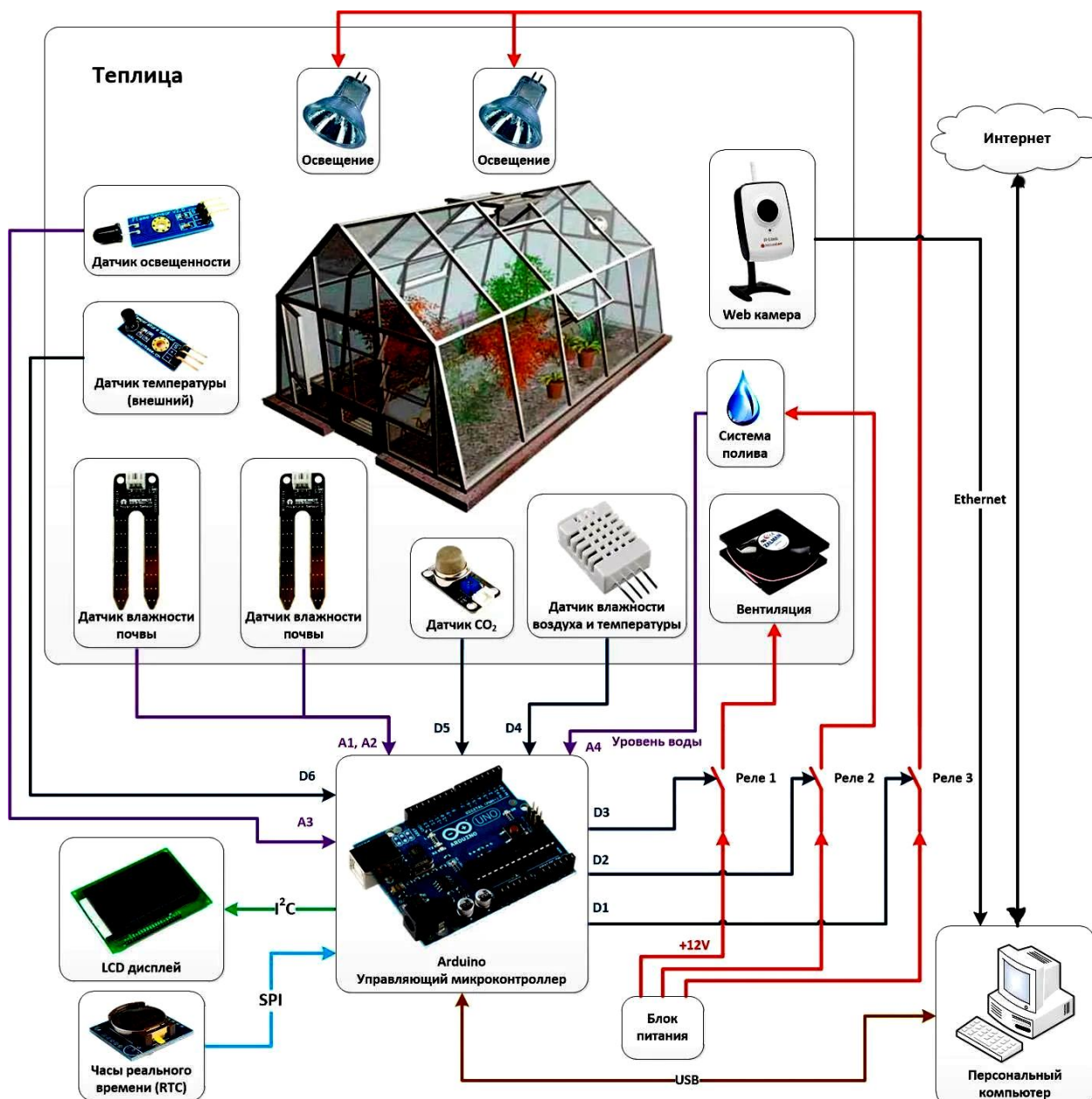


Рисунок 3. Умная теплица

стем туманообразования, что предотвращает тепловой стресс и оптимизирует влажность. Исследования показывают, что такой подход позволяет повысить эффективность фотосинтеза на 15-25 % [10].

2. Система прецизионной фертигации. Использование сенсоров влажности субстрата и электропроводности питательного раствора позволяет реализовать стратегию полива по потреблению культуры. Это исключает дренаж и вымывание питательных элементов в грунтовые воды, а экономия воды и минеральных удобрений, по данным полевых испытаний, достигает 30-50 % и 25-40 % соответственно, при одновременном снижении риска развития корневых гнилей [7].

3. Фитосанитарный мониторинг. IoT-системы интегрируют данные с феромонных ловушко-камер и гиперспектральных сенсоров для ранней диагностики фитопатогенов и вредителей. Анализ изображений с помощью компьютерного зрения позволяет идентифицировать очаги поражения на доклинической стадии, что является основой для интегрированной системы защиты растений и точечного применения средств защиты.

Еще одной перспективной областью применения Интернета вещей в сельском хозяйстве является животноводство [12]. При внедрении IoT в животноводстве можно выделить следующие направления:

– использование ушных «бирок-чипов», содержащих индивидуальные данные о животных, что дает возможность организовать их кормление в соответствии с потребностями каждого животного, обеспечить оптимальный расход кормов, а также производить мониторинг поведения и здоровья скота в реальном времени;

– отслеживание производственных показателей, таких как объемы получаемого молока, вес животных, эффективность размножения, предоставляет точные данные для принятия управленческих решений.

Широкому применению IoT, особенно PoT, на данном этапе препятствует ряд факторов, на которые указывают некоторые авторы [5; 13]. В качестве одного из таких факторов следует признать недостаточно развитое состояние стандартизации в этой области. Необходимо отметить, что в настоящее время здесь наметился существенный сдвиг в лучшую сторону, появился ряд международных стандартов, еще большее их количество находится на заключительных стадиях разработки.

Вторая причина – обеспечение безопасности таких решений. Данный фактор является одним из основных сдерживающих для широкого применения PoT, ведь любой сбой в системе управления промышленной технологической установкой может привести к неприемлемому ущербу.

Проблемным вопросом также является обеспечение достоверности информации. Первичным источником информации в большинстве случаев являются измерения, производимые в автоматическом режиме с использованием интеллектуальных датчиков, а значит необходимо создать надлежащее метрологическое обеспечение большого парка средств измерений.

Традиционные подходы, базирующиеся на первичной и периодической поверках, либо калибровках, в поверочных и калибровочных лабораториях, здесь очевидно малоприменимы. Если не решить проблему обеспечения единства измерений в приложениях Интернета вещей, то значимость конечной информации, на основании которой принимаются решения по воздействию на процессы с участием человека, либо автоматически, может быть ничтожной.

Очевидно, что в такой ситуации нужен парк интеллектуальных датчиков, содержащих в своем составе меру измеряемой величины или однородной с ней, либо рабочий эталон, которые позволяли бы периодически проводить их калибровку. Однако при таком подходе остается проблема периодической калибровки самих мер и рабочих эталонов, встроенных в измерительные преобразователи. Эту проблему можно было бы решить, подключив первичные Национальные эталоны к сети Интернет, но это уже государственная задача и она очень непростая.

Стоит признать, что реализация такого подхода позволяет обеспечить достоверность результатов статических измерений, когда измеряемые величины изменяются медленно, но, к сожалению, это нельзя отнести к

динамическим измерениям, так как нормировать динамические погрешности не представляется возможным. В системах автоматического управления с обратной связью динамические погрешности в какой-то мере можно скомпенсировать, введя дифференциальную составляющую в алгоритм управляющего устройства (Д-составляющую). Гораздо сложнее это сделать в разомкнутых управляющих устройствах, но эта задача пока не имеет решения. Одним из путей ее решения может стать использование адекватных динамических цифровых моделей («цифровых двойников») измерительных каналов.

Присутствуют и экономические факторы, сдерживающие быстрое применение IoT, включающие инфляцию, которая снижает покупательную способность, а также геополитические конфликты (например, на Украине), нарушающие цепочки поставок и увеличивающие стоимость компонентов IoT-систем. К тому же интеллектуальные датчики, применяемые в IoT и PoT, стоят значительно выше, нежели обычные.

Сдерживающим фактором также является и не всегда достаточный уровень квалификации специалистов в сфере инновационного сельского хозяйства. Для успешного решения вопросов широкого применения Интернета вещей в АПК необходимо повышать уровень квалификации инженерных кадров и специалистов, работающих на селе, касающийся информационного обеспечения. Учреждениям высшего и среднего специального образования следует задуматься о разработке новых учебных программ для ряда существующих учебных дисциплин, новой специальности либо профилизации в рамках специальности по энергетическому обеспечению и автоматизации.

Заключение

1. Наиболее перспективными сценариями применения Интернета вещей в АПК на современном этапе являются: предиктивное техническое обслуживание электроустановок на перерабатывающих предприятиях; «точное земледелие» (особенно в тепличных хозяйствах); «умное животноводство».

2. Для широкого внедрения приложений Интернета вещей в земледелии необходимо решить вопросы с размещением датчиков влажности почвы, исключающие их повреждение при проведении полевых работ, а также минимального потребления энергии применяемых интеллектуальных измерительных преобразователей.

3. Сдерживающими факторами широкого применения данной технологии в настоящее время являются: недостаточно развитое состояние стандартизации в этой области, проблемы безопасности, сложности метрологического обеспечения и обеспечения достоверности информации, относительно высокая стоимость компонентов (в частности, интеллектуальных датчиков), не всегда достаточный уровень квалификации специалистов в сфере инновационного сельского хозяйства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Интернет вещей – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Интернет_вещей (дата обращения: 12.06.2025).
2. Швецов, Д. Современные тенденции развития промышленного Интернета вещей / Д. Швецов. – URL: <https://www.cta.ru/articles/cta/obzory/tekhnologii/124338/> (дата обращения: 12.05.2025).
3. «Индустрия 4.0» в АПК: Основные тенденции применения технологий Интернета вещей в сельском хозяйстве. – URL: <https://industriya-4-0-v-ark-osnovnye-tendentsii-primeneniya-tehnologiy-interneta-veshchey-v-selskom-hozyaystve.pdf/> (дата обращения: 22.04.2025).
4. Грингард, С. Интернет вещей. Будущее уже здесь / С. Грингард. – М.: Альпина Паблишер, 2016. – 188 с.
5. Сапожникова, К.В. Проблемы метрологии в эпоху Интернета вещей / К.В. Сапожникова. – URL: <https://metrology-bg.org/fulltextpapers/19.pdf/> (дата обращения: 25.08.2025).
6. 30 примеров применения технологий Интернета вещей (IoT). – URL: <https://sofiot.io/blog/poleznye-materialy-iot/30-primerov-primeneniya-tehnologiy-interneta-veshchey-iot/> (дата обращения: 11.06.2025).
7. Интернет вещей в сельском хозяйстве (IoTAg). – URL: <https://www.tadviser.ru/index.php/> (дата обращения: 02.09.2025).
8. Предиктивное техническое обслуживание: преимущества и вызовы внедрения в Казахстане. –

URL: <https://itecsu.com/ru/resources/prediktivnoe-tehnicheskoe-obsluzhivanie-v-kazahstane/> (дата обращения: 10.06.2025).

9. Ковалев, В.А. Перспективы применения предиктивного технического обслуживания электроустановок в АПК / В.А. Ковалев, А.В. Крутов, Л.А. Липницкий // Энергосбережение – важнейшее условие инновационного развития АПК: материалы Междунар. науч.-техн. конф., посвященной 65-летию агроэнергетического факультета и 100-летию И.Ф. Кудрявцева, г. Минск, 21-22 декабря 2022 г. / Белор. гос. аграрн. техн. ун-т, редкол.: И.В. Протосовицкий (науч. ред.) и [др.]. – Минск: БГАТУ, 2023. – С. 74-77.

10. IoT в сельском хозяйстве: точное земледелие, умные теплицы и другие инновационные решения. – URL: <https://www.euromobile.ru/m2m-resheniya/iot-v-selskom-khozyaystve-tochnoe-zemledelie-umnye-teplitsy-i-drugie-innovatsionnye-resheniya/> (дата обращения: 12.05.2025).

11. 9 революционных решений IoT в сельском хозяйстве, которые должен знать каждый умный фермер. – URL: <https://fnb.tech/ru/iot-in-agriculture/> (дата обращения: 11.04.2025).

12. Будущее животноводства: инновации и технологии. – URL: <https://polymya-agro.by/news/budushchee-zhivotnovodstva-innovatsii-i-tehnologii/> (дата обращения: 08.09.2025).

13. Датчики интеллектуальные и системы измерительные интеллектуальные. Методы метрологического самоконтроля: ГОСТ Р 8.734-2011; введ. 23.11.2011. – М.: Стандартинформ, 2019. – 20 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 20.10.2025

Навесной оборотный плуг ПНО-3-40/55



Плуг навесной оборотный ПНО-3-40/50 предназначен для гладкой вспашки старопахотных не засоренных камнями почв с удельным сопротивлением до 0,09 МПа. Плуг агрегируется с тракторами класса 2,0 («Беларус 1221»).

Преимущества разработки:

- регулируемая ширина захвата;
- цена на 30-40% ниже зарубежных аналогов.

Производство плугов освоено на ДП «Минойтовский ремонтный завод». В 2010 году на сельскохозяйственной выставке в г. Москве плуг удостоен золотой медали.

Основные технические данные

Тип.....	навесной
Тип корпуса.....	полувинтовой
Производительность за 1 ч сменного времени, га.....	0,65...1,14
Конструкционная ширина захвата корпуса, мм.....	400/450/500/550
Рабочая скорость движения на основных операциях, км/ч.....	7...9
Масса плуга конструкционная, кг.....	не более 1150
Конструкционная ширина захвата плуга, м.....	1,20/1,35/1,50/1,65

УДК 621.432/004.932

<https://doi.org/10.56619/2078-7138-2025-172-6-20-27>

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПРЕСС-ТЕСТИРОВАНИЯ МОТОРНЫХ МАСЕЛ, ОСНОВАННЫЕ НА ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА IMAGEJ. ЧАСТЬ 5. ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА ХРОМАТОГРАММ МОТОРНОГО МАСЛА, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ КАПЕЛЬНОЙ ПРОБЫ

В.К. Корнеева,*доцент каф. технологии металлов БГАТУ, канд. техн. наук, доцент***В.М. Капцевич,***зав. каф. технологии металлов БГАТУ, докт. техн. наук, профессор*

Предложен комплекс из трех оригинальных методов цифровой обработки хроматограмм моторных масел с использованием программного комплекса ImageJ: метод «свечения границ» (Glow Edges), метод трехмерной визуализации поверхности (Interactive 3D Surface Plot) и метод диаметальной денситометрии (Diametral Densitometry Method). Методы апробированы на моторном масле Лукойл Авангард 10W40 с наработкой 0-250 ч. Установлены три стадии деградации: накопление сажи при сохраненной диспергирующей способности (0-80 ч), прогрессирующая коагуляция сажи (80-135 ч) и полная утрата зональной структуры вследствие автокаталитического окисления (после 135 ч). Разработанный комплекс обеспечивает экспресс-оценку состояния масла в полевых условиях с высокой воспроизводимостью и не требует дорогостоящего оборудования.

Ключевые слова: моторное масло, капельная проба, ImageJ, цифровая обработка изображений, экспресс-диагностика, «свечение границ», трехмерная визуализация, диаметральная денситометрия, деградация масла, автокаталитическое окисление.

A set of three original methods for digital processing of motor oil chromatograms using the ImageJ software package has been proposed: the Glow Edge method, the Interactive 3D Surface Plot method, and the Diametral Densitometry Method. The methods were tested on Lukoil Avangard 10W40 motor oil with an operating time of 0-250 hours. Three stages of degradation were identified: soot accumulation with preserved dispersing ability (0-80 hours), progressive soot coagulation (80-135 hours), and complete loss of zonal structure due to autocatalytic oxidation (after 135 hours). The developed complex provides rapid assessment of oil quality in field conditions with high reproducibility and does not require expensive equipment.

Keywords: motor oil, Blotter spot, ImageJ, digital image processing, express diagnostics, boundary glow, 3D visualization, diametrical densitometry, oil degradation, autocatalytic oxidation.

Введение

Одной из основных задач технической эксплуатации ДВС является своевременное определение момента необходимости замены моторного масла. Традиционные лабораторные методы (определение кислотного и щелочного чисел, ИК-спектроскопия, содержание нерастворимых веществ) точны, но требуют дорогостоящего оборудования и значительного времени.

Одним из наиболее распространенных и простых методов оценки состояния работающего моторного масла является метод «капельной пробы» – метод *Blotter Spot*, заключающийся в нанесении капли масла на фильтровальную бумагу и последующем анализе полученного масляного пятна. Этот метод позволяет на бу-

мажной хроматограмме выделить кольцевые зоны и по их размерам и окраске оценить диспергирующие свойства и загрязненность моторного масла, что в конечном итоге дает возможность сделать заключение о целесообразности дальнейшего его использования [1].

Главным ограничением классического визуального анализа хроматограмм является субъективность оценки. Так, в работе [2] о работоспособности моторного масла и возможности его дальнейшего использования судят по определяемым визуально размерам ядра и диффузионной зоны на хроматограмме и их соотношению, а в работе [3] качество моторного масла определяют по окраске кольцевых зон на хроматограмме, сравнивая их с эталонными шкалами. Однако приведенные методы

являются органолептическими, основанными на визуальной оценке, зависящей от индивидуального восприятия и опыта оператора, что приводит к неточным, а иногда и ошибочным, результатам.

Известен способ [4], обеспечивающий автоматическую оценку диспергирующих свойств и загрязненности моторного масла при помощи специализированного прибора DT100 с установленным в нем программным обеспечением. Однако высокая стоимость оборудования для реализации способа и закрытость программного обеспечения приводят к невозможности его использования в условиях предприятий АПК.

В работе [5] обоснован новый подход к анализу результатов экспресс-тестирования моторных масел с использованием программного комплекса *ImageJ* [6]. Этот программный комплекс, находящийся в открытом доступе и не требующий использования специализированного оборудования, обладает широкой возможностью использования различных встроенных инструментов и более тысячи плагинов для получения количественной объективной оценки изображений, в первую очередь, в медицине и биологии.

При анализе хроматограмм с использованием программного комплекса *ImageJ* необходимо выбрать такие инструменты и плагины, которые позволят, во-первых, получать четкие границы кольцевых зон, во-вторых, оценивать их размеры и в-третьих, определять интенсивность окраски каждой зоны. Так, для выделения границ может быть применен встроенный инструмент *Find Edges*, который, например, использовался в методе обнаружения границ для количественной оценки миграции клеток [7], а также для быстрой обработки микроскопических изображений эритроцитов, зараженных малярией [8]. Для оценки размеров и интенсивности окрашивания в программе *ImageJ* может быть использован плагин *Interactive 3D Surface Plot*, который применялся, например, для визуализации шероховатости титановых дисков в имплантологической стоматологии [9] и при оценке роста слоев сталагмитов в геологии [10]. Для получения количественных значений окрашивания и размеров кольцевых зон может быть предложен встроенный инструмент *Plot Profile*, используемый в медицине, например, для построения графиков интенсивности флуоресценции вдоль прямой линии, проходящей через клеточную структуру [11].

Целью работы является разработка методов цифровой обработки хроматограмм моторного масла с использованием возможностей программного комплекса *ImageJ*.

Основная часть

Для количественной оценки масляных пятен на хроматограммах моторного масла авторами предложены три оригинальных метода цифровой обработки: метод «свечения границ» (*Glow Edges*), метод трехмерной визуализации поверхности (*Interactive 3D Surface Plot*) и метод диаметальной денситометрии (*Diametral Densitometry Method*).

В качестве объектов исследования выбраны цифровые изображения хроматограмм моторного масла марки Лукойл Авангард SAE 10W40 (*API CF*) с наработкой – 0, 33; 88; 135; 185 и 250 ч.

Предварительным этапом для осуществления предлагаемых трех методов является подготовка изображений, включающая введение их в программу *ImageJ*, последующее масштабирование и выделение области интереса. На рисунке 1 представлены масштабированные цифровые изображения хроматограмм с выделенной областью интереса размером 32×32 мм.

Метод «свечения границ» (*Glow Edges*). Данный метод заключается в получении четкого изображения границ кольцевых зон и последовательном измерении их размеров. Для получения четкого изображения границ кольцевых зон производим их выделение (*Find Edges*), размываем границы, создавая эффект свечения с использованием фильтра *Gaussian Blur* и настраиваем яркость изображения (*Brightness/Contrast*). В результате границы всех кольцевых зон (ядра, диффузионной зоны, зоны чистого масла) приобретают ярко выраженный светящийся контур на черном фоне, что позволяет с высокой точностью и воспроизводимостью выполнять измерения диаметров и площадей даже при неравномерном освещении и слабом контрасте исходного пятна. Изображения хроматограмм с выделенными границами кольцевых зон, готовые для определения размеров, представлены на рисунке 2.

Анализируя изображения хроматограмм (рис. 2) с увеличением наработки моторного масла Лукойл Авангард 10W40 от 0 до 250 ч, можно отметить следующие закономерности: для чистого масла (0 ч) – пятно практически однородное, ядро отсутствует, граница между зоной чистого масла и диффузионной зоной размыта; для масел с наработкой 33-135 ч – проявляются четко выраженные границы ядра, диффузионной зоны и зоны чистого масла, при этом с ростом наработки зона ядра увеличивается, а зона чистого масла значительно уменьшается; для масел с наработкой 185-250 ч – наблюдается резкий рост зоны ядра и уменьшение зон диффузии и чистого масла, причем размытие границы зоны диффузии может свидетельствовать о потере диспергирующих свойств.

Для определения размеров зоны ядра, диффузионной зоны и зоны чистого масла проводим контуры эллипсов по границам зон и выбором операции *Measure* получаем результаты измерений площадей соответствующих эллипсов (S_1, S_2, S_3) в отдельном окне *Results*. На рисунке 3 в качестве примера представлены результаты определения площадей (*Area*) эллипсов для моторного масла с наработкой 33 ч, а в таблице 1 – измеренные площади для всех рассматриваемых масел, рассчитанные площади ядра $S_{\text{ядр}}$, диффузионной зоны $S_{\text{диф}}$ и зоны чистого масла $S_{\text{м}}$, а также их относительная доля на хроматограмме масляного пятна.

Таким образом, представленный метод позволяет получать четкие светящиеся контуры всех кольцевых зон даже на низкоконтрастных хроматограммах и может быть использован для высокоточного автоматизированного измерения размеров зон.

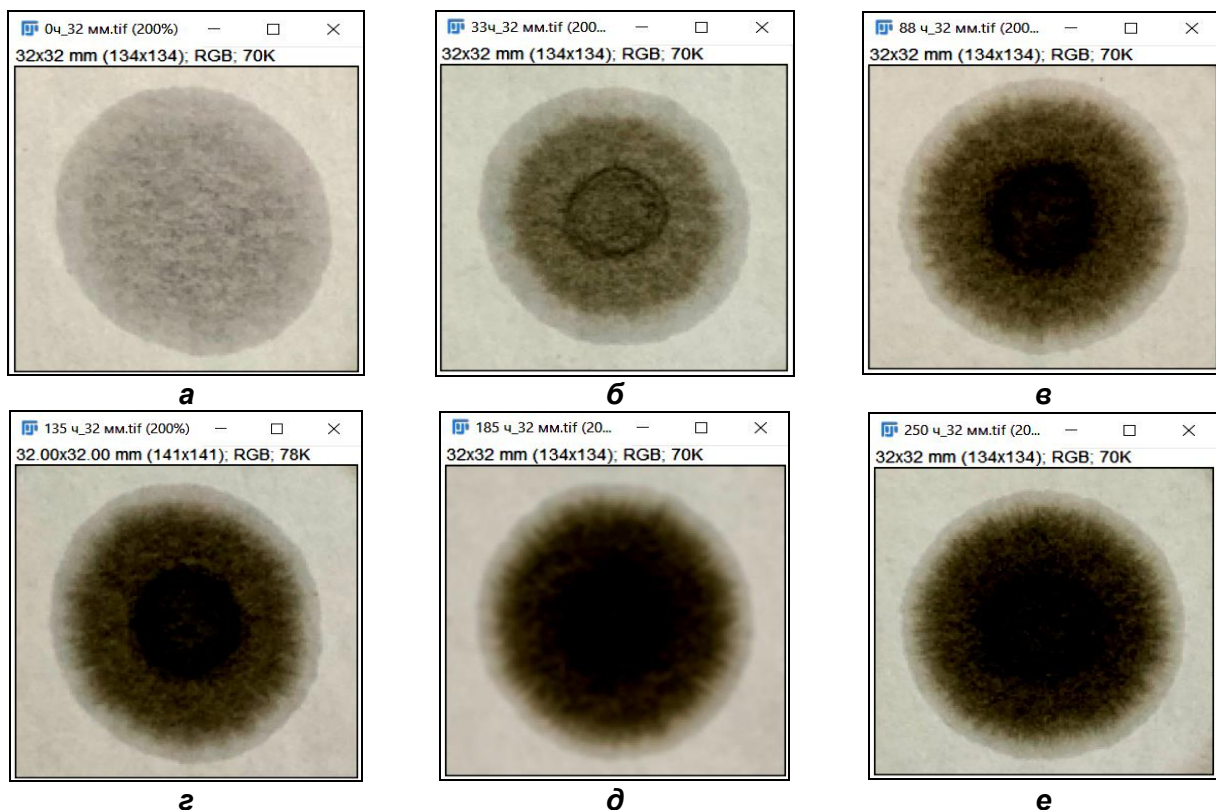


Рисунок 1. Цифровые изображения хроматограмм моторного масла Лукойл Авангард 10W40 с наработкой: а – 0 ч; б – 33 ч; в – 88 ч; г – 135 ч; д – 185 ч; е – 250 ч

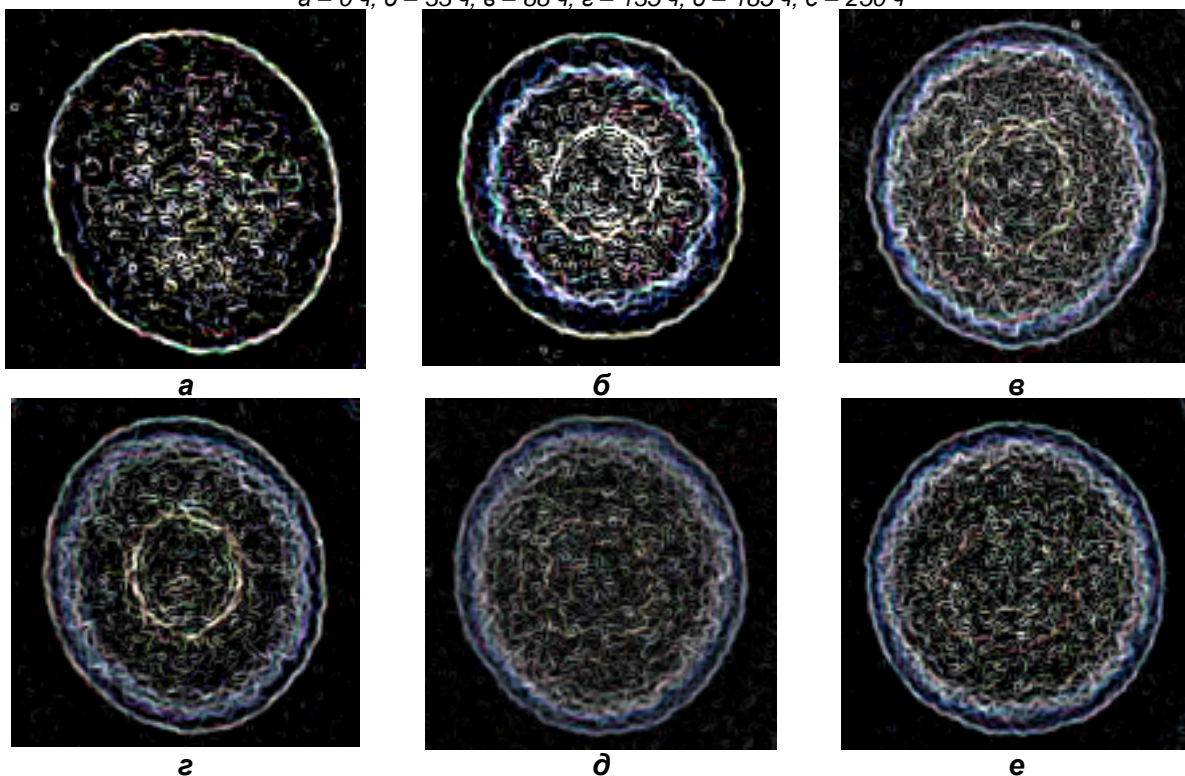


Рисунок 2. Цифровые изображения с выделенными границами на хроматограммах моторного масла Лукойл Авангард 10W40 с наработкой: а – 0 ч; б – 33 ч; в – 88 ч; г – 135 ч; д – 185 ч; е – 250 ч

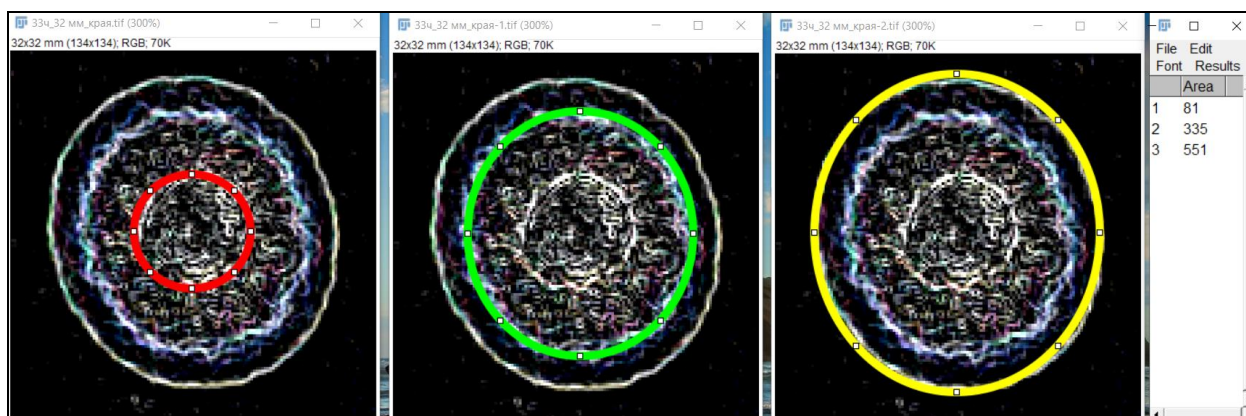


Рисунок 3. Методика определения размеров кольцевых зон на хроматограмме

Таблица 1. Размеры кольцевых зон на хроматограммах моторного масла

Наработка, ч	S_1 , мм ²	S_2 , мм ²	S_3 , мм ²	$S_{\text{ядр}}$, мм ²	$S_{\text{ядр}}$, %	$S_{\text{диф}}$, мм ²	$S_{\text{диф}}$, %	$S_{\text{М}}$, мм ²	$S_{\text{М}}$, %
0	0	0	576	0	0	0	0	576	100,0
33	81	335	551	81	14,7	254	46,0	217	39,3
88	103	488	602	103	17,1	385	64,0	114	18,9
135	115	488	590	115	19,5	373	63,2	102	17,3
185	367	499	597	367	61,5	132	22,1	98	16,4
250	378	511	597	378	63,3	133	22,3	86	14,4

Метод трехмерной визуализации поверхности (Interactive 3D Surface Plot). Предлагаемый метод основан на использовании плагина Interactive 3D Surface Plot программного комплекса ImageJ, который позволяет визуализировать изображение в координатах X, Y и Z: реальное изображение и размеры отображаются на координатной плоскости XY, а интенсивность окрашивания изменяется в диапазоне от 0 ед. (черный цвет) до 255 ед. (белый цвет) – по оси Z. Плагин Interactive 3D Surface Plot предоставляет ряд возможностей настройки визуализации изображения: формат отображения; выбор цветовой палитры; уровни сглаживания и освещения; инверсия значений; выбор цвета фона и линий; масштабирование и др.

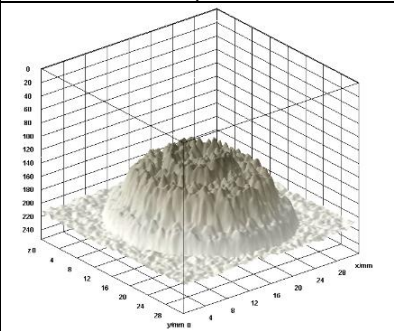
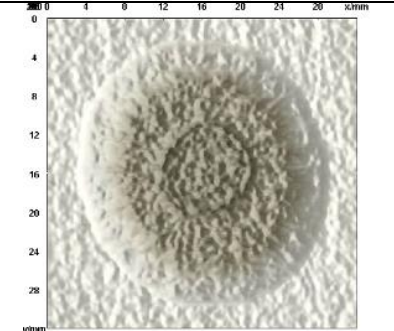
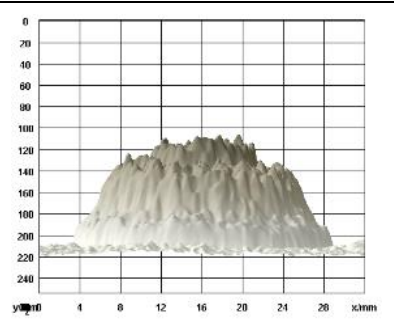
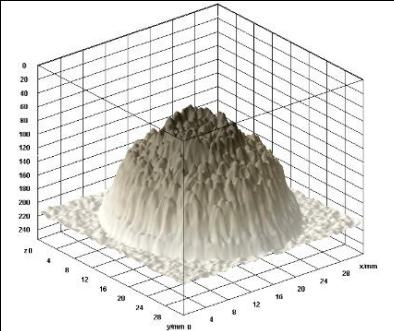
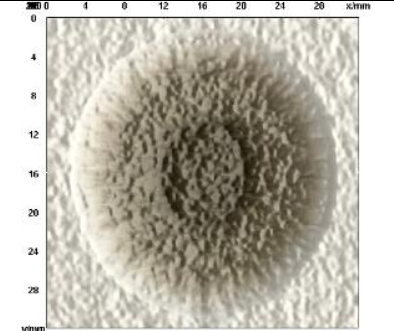
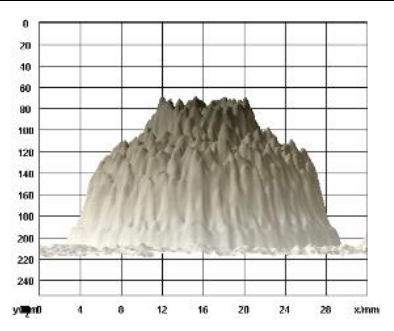
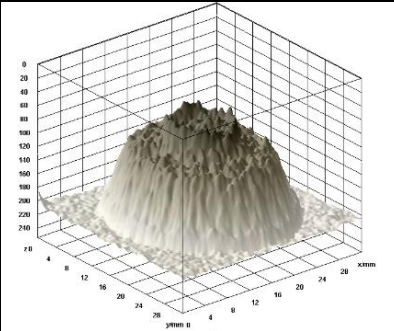
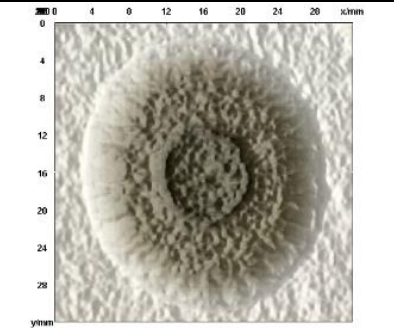
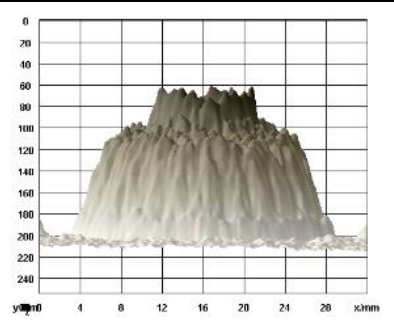
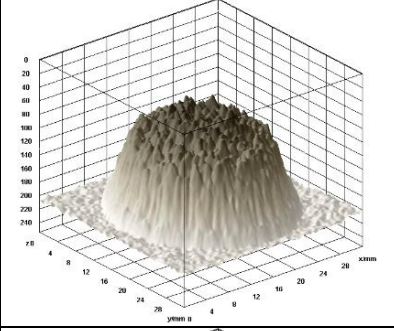
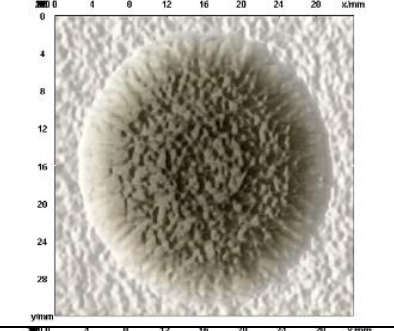
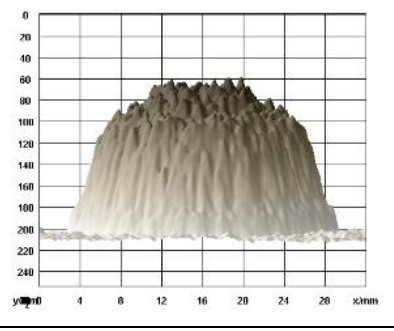
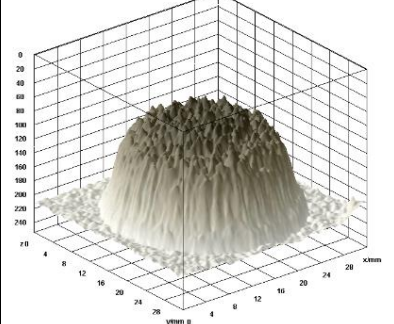
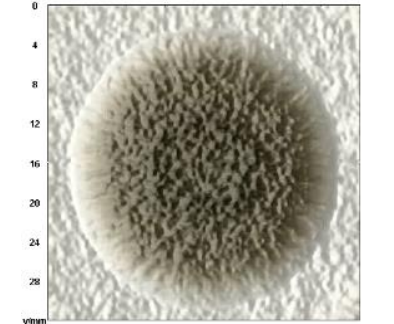
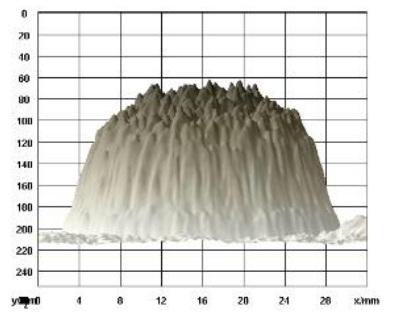
Плагин Interactive 3D Surface Plot позволяет преобразовать двумерное изображение масляного пятна

в трехмерное – поверхностную диаграмму, на которой оси X и Y соответствуют пространственным координатам на изображении масляного пятна, а ось Z (высота) – интенсивности окрашивания в каждой точке этой плоскости XY, что, в свою очередь коррелирует с концентрацией примесей в данном месте пятна. Хотя плагин ориентирован на визуализацию, он позволяет определять размеры кольцевых зон масляного пятна на координатной плоскости XY и оценивать их окраску по оси Z. Создавая 3D-модели для разных хроматограмм, можно визуально сравнивать их структуру и интенсивность окрашивания. Результаты представления цифровых изображений хроматограмм моторного масла Лукойл Авангард 10W40 с различной наработкой с использованием плагина Interactive 3D Surface Plot приведены в таблице 2.

Таблица 2. Цифровые изображения хроматограмм моторных масел с различной наработкой τ , полученные с использованием плагина Interactive 3D Surface Plot

τ , ч	3D-изображение	Вид в плоскости XY	Вид в плоскости XZ
0			

Продолжение таблицы 2

Т, ч	3D-изображение	Вид в плоскости XY	Вид в плоскости XZ
33			
88			
135			
185			
250			

Последовательный анализ хроматограмм с наработкой от 0 до 250 ч (табл. 2) позволяет описать процесс деградации (старения) моторного масла, проявляющийся в потере диспергирующей способности присадок и генерирования нерастворимых продуктов загрязнения. Так, для свежего моторного масла (наработка 0 ч) пятно характеризуется максимальным значением интенсивности окрашивания (более 160 ед.) с едва заметным периферийным кольцом, обусловленным капиллярной диффузией базового масла. В 3D-модели поверхность практически плоская, с минимальной шероховатостью, что свидетельствует об отсутствии сажи и продуктов разложения моторного масла.

Для масла с наработкой 33 ч сформировано ядро с выраженной кольцевой зоной, характеризуемой пониженной интенсивностью окраски (110-130 ед.) и обусловленной наличием в ней сажи и начальных продуктов термического разложения моторного масла. Вокруг ядра располагается диффузионная зона с интенсивностью окрашивания 130-190 ед., за которой следует зона чистого масла с интенсивностью окрашивания более 190 ед. 3D-поверхность характеризуется выраженным центральным пиком конической формы и кольцевым валиком, отражающим зону частичного удержания сажевых частиц остаточными диспергирующими присадками.

Для масла с наработкой 88 ч интенсивность окрашивания ядра снижается (70-100 ед.), кольцевая зона расширяется. В 3D-модели центральный пик становится острее и выше, с расширением его основания, указывающим на начало процесса коагуляции сажевых частиц, что может быть объяснено частичным истощением антиокислительных присадок.

При наработке 135-185 ч топография поверхности претерпевает выраженный переход от одного доминирующего центрального пика к широкому приподнятому плато с множеством слившихся гребневидных структур, интенсивность окрашивания достигает 60 ед. Данные изменения коррелируют с развитием автокаталитического окисления базового масла, сопровождающегося быстрым накоплением пероксидов, деструкцией углеводородных цепей и последующей поликонденсацией с образованием высокомолекулярных асфальтеноподобных продуктов.

При наработке 250 ч пятно приобретает равномерно темную окраску, без выраженных зон ядра и диффузии и четких границ между ними. 3D-поверхность характеризуется высокой степенью неоднородности, полной утратой центрального пика, равномерно низкими значениями интенсивности окрашивания по всей площади (~70 ед.). Указанные признаки свидетельствуют о полной деактивации диспергирующих присадок и равномерной седиментации полидисперсных нерастворимых агрегатов, включающих сажу, асфальтеноподобные продукты окислительной полимеризации и иные высокомолекулярные соединения – конечные продукты деградации смазочного материала.

Таким образом, применение плагина *Interactive 3D Surface Plot* к изображениям хроматограмм моторного масла обеспечивает наглядную и количе-

ственную визуализацию процессов старения моторного масла, позволяет объективно фиксировать критические точки деградации (начало коагуляции сажи при 80-100 ч и переход к автокаталитическому окислению при 130-150 ч), а также может быть рекомендовано в качестве экспресс-метода мониторинга состояния смазочных материалов в эксплуатации и при разработке новых композиций.

Метод диаметральной денситометрии (Diametral Densitometry Method). Предлагаемый метод оценки интенсивности окрашивания и размеров зон масляного пятна на хроматограммах основан на использовании встроенного в программу *ImageJ* инструмента *Plot Profile*. Этот инструмент позволяет анализировать интенсивность пикселей вдоль заданной линии на изображении и строить график зависимости интенсивности от расстояния. При анализе хроматограммы для построения такого графика необходимо провести линию на изображении хроматограммы, проходящую через центр масляного пятна, и выбором команд *Analyze* → *Plot Profile* получить окончательное изображение графика зависимости интенсивности окрашивания вдоль проведенной линии.

Зависимости распределения интенсивности по диаметру масляного пятна позволяют получать следующую информацию. Во-первых, низкие значения интенсивности на графиках указывают на более плотные и темноокрашенные зоны, что коррелирует с концентрацией продуктов загрязнения в моторном масле. Во-вторых, по ширине пиков или впадин интенсивности можно измерить размеры кольцевых зон масляного пятна. В-третьих, сравнение графиков хроматограмм масел с различной наработкой позволяет оценить степень деградации моторного масла. Важным преимуществом инструмента, помимо построения графических зависимостей, является возможность получения численных значений изменения интенсивности окрашивания в диаметральном направлении в формате «.csv», совместимым с *Excel*, что позволяет проводить дальнейшую статистическую обработку и автоматизированный расчет диагностических параметров без дополнительных программ.

На рисунке 4 представлены полученные графики интенсивности окрашивания зон масляного пятна для хроматограмм моторного масла с различной наработкой.

Анализ полученных зависимостей позволяет выявить следующие закономерности. Интенсивность окрашивания в центре пятна снижается с ~160 до ~55 ед. в интервале 0-135 ч, после чего стабилизируется на уровне 60-70 ед., что является признаком насыщения системы нерастворимыми продуктами. Ширина зоны ядра линейно растет с 0 до ~88 ч, затем резко увеличивается и после 135 ч перестает определяться – границы зон исчезают. Разность между интенсивностью окрашивания зоны ядра и диффузионной зоны уменьшается с ~100 ед. (33-88 ч) до <20 ед. после 185 ч, что является объективным количественным критерием полной потери диспергирующей способности. Точка перегиба всех кривых (резкое выравнивание профиля) наблюдается в интервале 135-185 ч и совпадает с переходом окисления в автокаталитический режим.

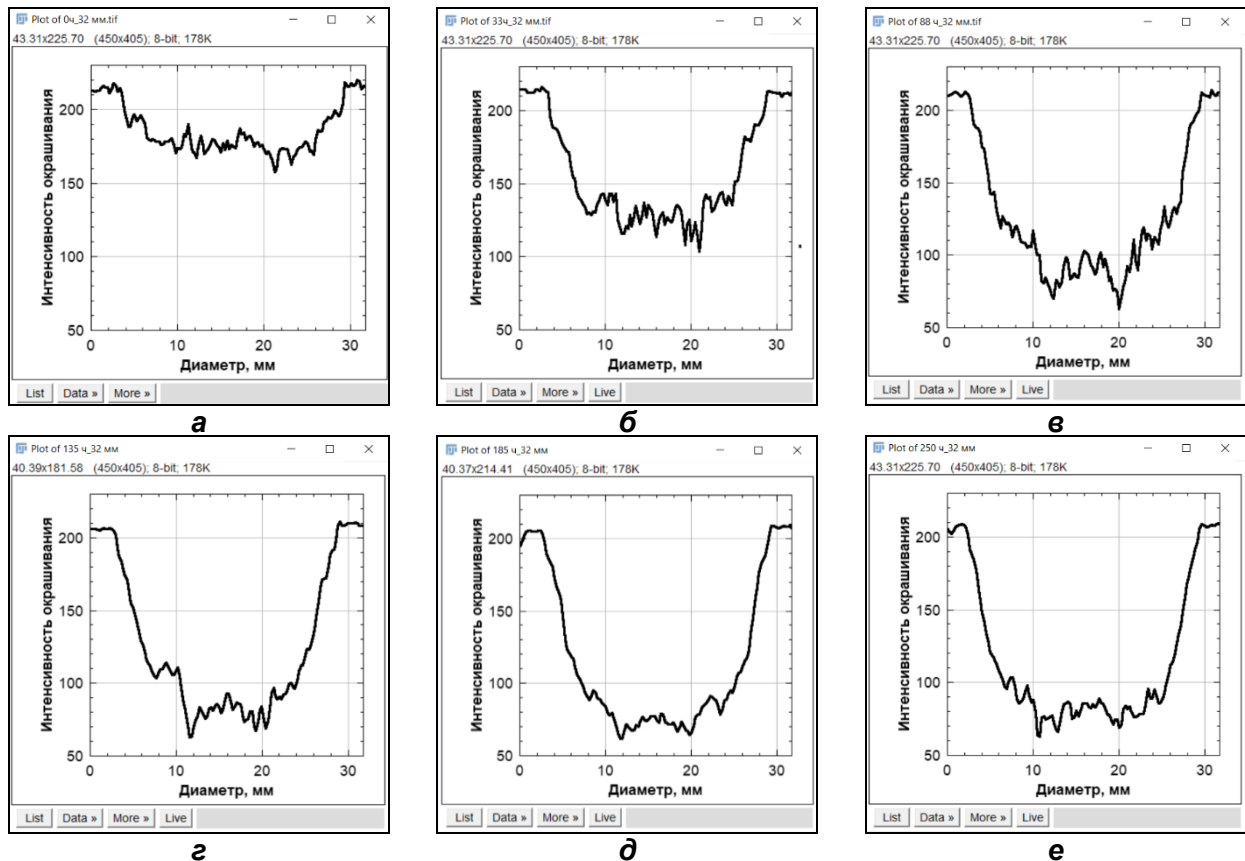


Рисунок 4. Изменение интенсивности окрашивания по диаметру масляного пятна моторного масла с различной наработкой: а – 0 ч; б – 33 ч; в – 88 ч; г – 135 ч; д – 185 ч; е – 250 ч

Таким образом, метод диаметальной денситометрии позволил количественно подтвердить три стадии деградации масла Лукойл Авангард 10W40: 0-80 ч – накопление сажи при сохраненной диспергирующей способности; 80-135 ч – прогрессирующая коагуляция сажевых частиц и расширение зоны ядра; после 135 ч – полная утрата зональной структуры профиля вследствие автокаталитического окисления и образования высокомолекулярных нерастворимых продуктов.

Полученные данные полностью коррелируют с результатами метода «свечения границ» и метода трехмерной визуализации поверхности и показывают необходимость замены моторного масла при наработке более 200 ч, что подтверждает высокую информативность и взаимодополняемость разработанного комплекса цифровых методов анализа масляных пятен.

Заключение

Разработанный комплекс из трех взаимодополняющих методов цифровой обработки хроматограмм капельной пробы (метод «свечения границ», метод трехмерной визуализации поверхности и метод диаметальной денситометрии) позволяет объективно и с высокой воспроизводимостью оценивать степень деградации моторного масла непосредственно в условиях эксплуатации. Все методы реализованы в свободно распространяемом программном комплексе

ImageJ, не требуют дорогостоящего оборудования и занимают не более 5-7 минут на одну пробу.

Применение комплекса к моторному маслу Лукойл Авангард 10W40 с наработкой 0-250 ч выявило три характерные стадии старения: сохраненную диспергирующую способность до 80 ч, прогрессирующую коагуляцию сажи в интервале 80-135 ч и лавинообразное автокаталитическое окисление с полной потерей зональной структуры после 135 ч. Полученные результаты полностью согласуются между собой и с известными физико-химическими закономерностями деградации смазочных материалов.

Предложенные методы могут быть рекомендованы для внедрения в системы мониторинга состояния моторного масла автотракторной техники на предприятиях АПК, а также для использования при разработке и испытаниях новых пакетов присадок и смазочных композиций.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Капцевич, В.М. Экспресс-методы контроля свойств моторного масла автотракторных двигателей внутреннего сгорания в условиях организаций агропромышленного комплекса / В.М. Капцевич [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2023. – 120 с.

2. Способ определения необходимости замены масла в дизелях: а.с. СССР 201768 / Н.С. Пасечников, Н.М. Хмелевой. – Оpubл. 22.11.1967.

3. Патент RU 2 649 095. Способ и устройство для анализа масел и технических рабочих жидкостей и для квалифицированной оценки рабочих состояний элементов / Г. Хорстмейер. – Оpubл. 29.03.2018.

4. Standard Test Method for Measuring the Merit of Dispersancy of In-Service Engine Oils with Blotter Spot Method: ASTM D7899-19. – ASTM International, West Conshohocken, PA, 2019. – 7 p.

5. Корнеева, В.К. Методы оценки экспериментальных результатов экспресс-тестирования моторных масел, основанные на использовании программного комплекса *ImageJ*. Часть 1. Колориметрические методы / В.К. Корнеева, В.М. Капцевич // Агротанорама. – 2024. – № 6. – С. 29-36.

6. Ferreira, T. ImageJ user guide /Fiji 1.46 / T. Ferreira, W. Rasband. – 2012. – 198 p.

7. Treloar, K.K. Sensitivity of edge detection methods for quantifying cell migration assays / K.K. Treloar, M.J. Simpson // PLoS One. – 2013. – Jun. 24. – № 8 (6). – e67389. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0067389>.

8. Intarapanich, A. Fast processing of microscopic images using object-based extended depth of field / A. Intarapanich [et al.] // 15-th International Conference On Bioinformatics (INCOB 2016), 21–23 September 2016. – Singapore, Queenstown, 2016. – P. 229-237.

9. Martinez, M.A.F. Surface roughness of titanium disks influences the adhesion, proliferation and differentiation of osteogenic properties derived from human / M.A.F. Martinez [et al.] // International Journal of Implant Dentistry. – 2020. – № 6 (1). <https://doi.org/10.1186/s40729-020-00243-5>.

10. Breitenbach, S.F.M. Acquisition and analysis of greyscale data from stalagmites using ImageJ software / S.F.M. Breitenbach, N. Marwan // Cave and Karst Science. – 2023. – Vol. 50. № 2. – P. 69-78.

11. Martino, C.A. Microfluidic Live-Imaging Technology to Perform Research Activities in 3D Models / C.A. Martino, D. Vigo // Annals of Advanced Biomedical Sciences. – 2021. – Vol. 4. – Issue 1. – 00160. <https://doi.org/10.23880/aabsc-16000160>.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 03.12.2025

Программа балансирования рационов кормов для молочного скота

Программа балансирования рационов разработана по заданию РНТП «Развитие Минской области» и *предназначена* для создания рационов кормов для молочного скота с учетом показателей углеводного состава кормов и чистой энергии лактации.

Программа работает в интерактивном режиме. Пользователь имеет возможность выбрать корма, задав предварительно структуру рациона, и далее в процессе оптимизации отслеживать состояние баланса по всем показателям питательности.

Созданная программа предоставляет животноводам широкие возможности формирования рациона молочного скота.

Интерфейс программы позволяет конечному пользователю редактировать базу данных и пополнять ее за счет местных кормов.

Программа внедряется на молочных фермах Минской области.

Расчет рациона

Назад | Далее | Рассчитать рацион | Сохранить

Масса коровы: 450 кг. Стадия лактации: Сухостойная | Выбор нормы: РБ

Сугочный щенок: 10 кг. Удой за лактацию: 3000 кг. | Критерий оптимизации: макс. сбалансированность

Коровы: 0 голов в течение 0 дней.

Название корма	желаемый %	не более КГ
Кормолубизглоды, свежело-корневая	0	25
Сенаж из бобовых культур, люцерновый	0	26
Сено МТФ "Русаконны"	0	24
Силос из злаковых культур, кукурузный, молочно-восковая спелость	0	23

Компонент	Норма	Совещ. в рационе	Отклон. от норма.	Отклон. %
Корм. ид.				
ОЗ КРС, МДж				
Сух. в.во, кг				
Сыр. прот., г				
Перев. прот., г				
Сыр. жир, г				
Сыр. клетч., г				
Крам-нал, г				
Сахар, г				
ЧЭП, МДж				
Соль, г				
КД, г				
НДК, г				

Выбор кормов для рациона: Включить в рацион | Исключить из рациона | Всего выбрано кормов: 4

Название корма	Запасы (г.)	Цена (руб/кг)	ОЗ, МДж	Сух. в.во, кг	р. прот.
Кормолубизглоды, свежело-корневая	21,74	1181	1,42	0,100	1
Сенаж из бобовых культур, люцерновый	33,89	2120	4,02	0,422	1
Сено МТФ "Русаконны"	100	0	6,55	0,845	1
Силос из злаковых культур, кукурузный, молочно-восковая спелость	108,4	2160	2,27	0,255	1

УДК 338.48

<https://doi.org/10.56619/2078-7138-2025-172-6-28-32>

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ АГРОЭКОТУРИЗМА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Лю Сюэпин,

преподаватель профессионально-технического колледжа Аграрного Университета Внутренней Монголии (Китайская Народная Республика), аспирант БГСХА, магистр менеджмента

В статье выделены научно обоснованные подходы к трактовке категории «устойчивое развитие» с учетом специфики туристической деятельности. На основе разработанного методического подхода проведен анализ общих условий развития туризма в Республике Беларусь, определено место агроэкотуризма в системе национальной экономики, выявлены конкурентные преимущества субъектов. Обоснованы резервы роста конкурентоустойчивости организаций агроэкотуризма, базирующиеся на принципах и условиях зеленой экономики, а также цифровой трансформации туристического бизнеса.

Ключевые слова: туризм, агроэкотуризм, устойчивость, устойчивый туризм, концепция, экономическая устойчивость, экологическая устойчивость, социальная устойчивость, оценка, эффективность.

The article highlights scientifically based approaches to understand the concept of “sustainable development” in the context of tourism. Based on the developed methodological approach, the article provides the analysis of general conditions for tourism development in Belarus, defines the place of agro-ecotourism in the national economy, and identifies competitive advantages of the entities. The reserves for increasing the competitiveness of agro-ecotourism companies, based on green economy principles and conditions, as well as the digital transformation of the tourism business, are justified.

Keywords: tourism, agro-ecotourism, sustainability, sustainable tourism, concept, economic sustainability, environmental sustainability, social sustainability, assessment, efficiency.

Введение

Развитие мирового туризма на современном этапе основывается на концепции устойчивого развития, базирующейся на необходимости соблюдения баланса между решением социальных и экономических проблем и сохранением природной среды, а также на процессах цифровизации. В данном контексте проводятся и научные исследования, по результатам которых В.И. Данилов-Данильян, К.С. Лосев рассматривают исследуемую категорию как развитие, при котором воздействия на окружающую среду остаются в пределах хозяйственной емкости биосферы, так что не разрушается природная основа для воспроизводства жизни человека [1]. В коллективной монографии «Стратегия и проблемы устойчивого развития России в XXI веке» данная дефиниция определена как сбалансированное социально-экономическое развитие, не разрушающее окружающую природную среду и обеспечивающее непрерывный прогресс общества [2].

Агроэкотуризм выступает важнейшим элементом туристической индустрии, функционирование которого, по мнению E. Kastenholtz, M.J. Carneiro, C.P. Marques, J. Lima, L. Roberts, D. Hall, B. Bramwell, B. Lane, S. McCabe, основывается на экономической, социальной и экологической устойчивости [3-5]. В дополнение к этому К.Ю. Белоусов, Т. Дж. Дин, Дж. С. Макмаллен, Н.В. Киреенко, В.И. Фролов рассматривают данный вид экономической деятельности в контексте продовольственной системы и эффектив-

ного функционирования сельских территорий [6-9]. При этом Т. Коулз, Э. Фенклова, С. Динан, Г. Миллер в системе агроэкотуризма отдельно выделяют корпоративную социальную ответственность субъектов хозяйствования [10, 11].

Согласно Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2035 года, основная цель индустрии туризма направлена на дальнейшее формирование конкурентоспособного туристического комплекса, обеспечивающего поддержание высокого уровня удовлетворения потребностей туристов, содействие росту национальной экономики посредством наращивания туристических услуг и их экспорта [12]. Для достижения целевого ориентира требуется проведение комплексной оценки развития агроэкотуризма, что позволит определить конкурентные преимущества экономического вида деятельности и выявить резервы его роста с учетом приоритетных направлений, в том числе внедрения передовых ИТ-технологий и инновационных маркетинговых инструментов, а также стимулирования притока инвестиций. Данные аспекты в совокупности и определили цель и задачи статьи.

Материалы и методы

Научное исследование базировалось на изучении и систематизации трудов отечественных и зарубежных ученых по вопросам становления концепции устойчивого развития, эффективного функциониро-

вания агроэкотуризма, организации и управления туристическими субъектами в контексте обеспечения конкурентоустойчивости. Использовались методы системного и сравнительного анализа.

Основная часть

Для проведения оценки устойчивого развития агроэкотуризма нами обоснован методический подход, включающий анализ общих условий развития туризма в стране, определение места агроэкотуризма в системе национальной экономики на основе динамики показателей, выявление конкурентных преимуществ субъектов данного вида экономической деятельности и резервов роста их конкурентоустойчивости (рис. 1).

Выполненный анализ показал, что формирование и функционирование современного конкурентоспособного туристического комплекса, увеличение его вклада в развитие национальной экономики страны осуществляется в рамках Государственной программы «Беларусь гостеприимная» на 2021-2025 годы [13]. До-

кумент предусматривает развитие въездного и внутреннего туризма, повышение конкурентоспособности туристических услуг и продвижение национальных туристических брендов на мировом рынке (табл. 1).

Эффективность реализации государственной программы подтверждается ростом основных показателей деятельности организаций, осуществлявших туристическую деятельность, за исключением непосредственно численности таких субъектов, снижение которых в течение 2020-2024 гг. составило почти 18 %. В то же время рост выручки от реализации услуг в 10,0 раз произошел за счет увеличения в 4,0 раза количества иностранных туристов и экскурсантов, посетивших Республику Беларусь, а также в 2,4 раза туристов и экскурсантов (граждан Республики Беларусь), отправленных по маршрутам тура в пределах территории нашей страны. Определяющим показателем эффективности работы туризма является коэффициент загрузки гостиниц и аналогичных средств размещения,

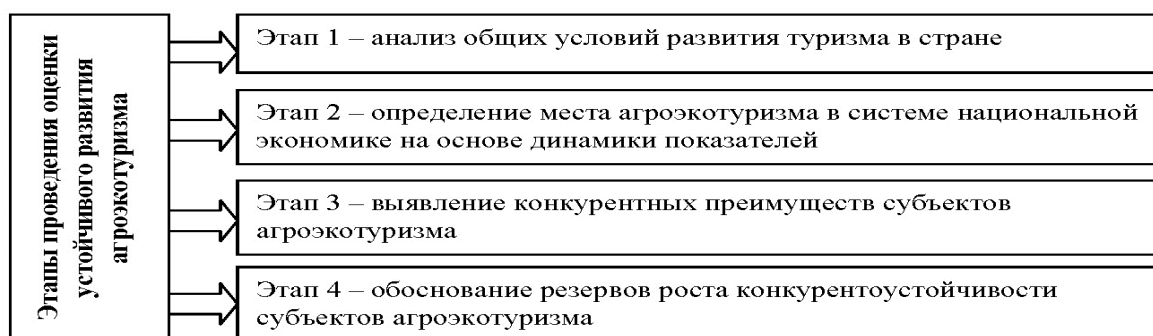


Рисунок 1. Алгоритм проведения оценки устойчивого развития агроэкотуризма (выполнен автором на основе собственных исследований).

Таблица 1. Основные показатели деятельности организаций, осуществлявших туристическую деятельность, 2020-2024 гг.

Показатели	Годы				
	2020	2021	2022	2023	2024
Число организаций, осуществляющих туристическую деятельность, ед.	1 348	1 315	1 203	1 108	1 108
Численность иностранных туристов и экскурсантов, посетивших Республику Беларусь, тыс. чел.	81,0	71,4	143,0	233,1	366,7
Численность туристов и экскурсантов – граждан Республики Беларусь, отправленных по маршрутам тура в пределах территории Республики Беларусь, тыс. чел.	571,5	1 187,9	1 530,4	1 759,2	1 726,5
Стоимость туров, оплаченных иностранными туристами и экскурсантами, посетившими Республику Беларусь, млн руб.	20,3	44,3	65,0	95,9	135,9
Стоимость туров, оплаченных туристами и экскурсантами – гражданами Республики Беларусь, отправленными по маршрутам тура в пределах территории Республики Беларусь, млн руб.	21,7	54,1	71,3	96,5	121,4
Выручка от оказания туристических услуг, млн руб.	110,7	327,9	385,7	711,3	1 103,5
Коэффициент загрузки гостиниц и аналогичных средств размещения, %	19	25	29	33	37
Численность занятых в сфере туризма, тыс. чел.	195,4	192,1	231,5	229,9	228,8
В процентах к общей численности занятых в экономике	4,5	4,5	5,5	5,5	5,5
Номинальная начисленная среднемесячная заработная плата работников организаций, занятых в сфере туризма, руб.	1 028,7	1 170,6	1 328,4	1 591,5	1 902,7

Примечание. Составлена автором по данным [14]

который за последние пять лет вырос на 18 п. п. и в 2024 г. составил 37 %.

Агротуризм является одним из самых привлекательных вариантов отдыха в Республике Беларусь. По состоянию на 1 января 2025 г. число субъектов составило 1 408 ед., их услугами воспользовалось 427,6 тыс. чел., из них 413,6 тыс. чел. – граждане Республики Беларусь (табл. 2).

Анализ показал, что количество субъектов агротуризма в 2024 г. по отношению к 2020 г. сократилось на 52,0 %, а по отношению к 2023 г. – на 42,0 %. Такая тенденция связана с их обязательной перерегистрацией (до 1 июля 2023 г.) в рамках Указа Президента Республики Беларусь №351 «О развитии агротуризма» от 4 октября 2022 г. [16]. При этом по итогу 2024 г. отмечается их неравномерное распределение по областям (рис. 2).

Наибольшее количество субъектов агротуризма размещено в Минской (410 ед., или 29,1 %), Брестской (282 ед., или 20,0 %) и Гродненской областях (274 ед., или 19,5 %). Соответственно, в этих регионах отмечается наибольшая численность обслуженных туристов.

Исследования по выявлению конкурентных преимуществ субъектов агротуризма Республики Беларусь показало, что в настоящее время ими оказывается широкая перечень услуг, который включает:

- 1) ознакомление с природными, сельскохозяйственными и архитектурными объектами, национальными традициями соответствующей местности;
- 2) предоставление жилых комнат в агрокоусады для проживания;
- 3) обеспечение питанием с использованием сельскохозяйственной продукции, произведенной и (или) переработанной на земельных участках, предоставленных субъектам агротуризма;
- 4) проведение презентаций, юбилеев, банкетов; оказание услуг бань, саун и душевых;
- 5) проведение мастер-классов; катание на животных (за исключением диких), гужевом транспорте и др.

Одним из преимуществ агротуризма является его экологическая чистота. Все продукты производятся на фермах в соответствии с принципами экологического земледелия, не содержат химических веществ и добавок, что делает их полезными для здоровья. Кроме того, гости могут насладиться свежим воздухом, природой и отдохнуть от городской суеты.

Еще одним преимуществом агротуризма является возможность приобрести опыт и знания в области сельского хозяйства, экологии и производства пищевых продуктов. Гости могут участвовать в сборе урожая, заботиться о животных и узнавать о том, как производятся местные продукты. Кроме того, агро-

Таблица 2. Основные показатели деятельности субъектов агротуризма Республики Беларусь, 2020–2024 гг.

Показатели	Годы				
	2020	2021	2022	2023	2024
Число субъектов агротуризма, ед.	2 936	3 150	3 042	2 409	1 408
Численность туристов, обслуженных субъектами агротуризма, тыс. чел.	433,3	563,6	559,8	450,4	427,6
граждан Республики Беларусь	424,2	551,4	540,5	432,8	413,6
граждан других стран	9,1	12,2	19,3	17,6	14,0
Средняя продолжительность пребывания, дней	3	3	3	2	2
Сумма, полученная в оплату предоставленных услуг, млн руб.	24,4	30,8	33,5	27,8	28,6

Примечание. Составлена автором по данным [15].

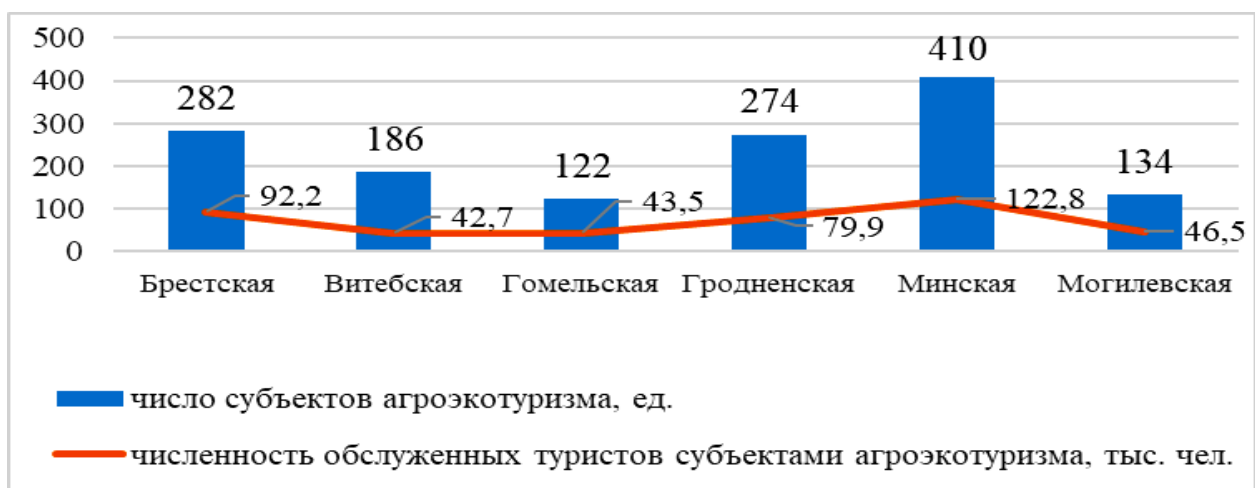


Рисунок 2. Число субъектов агротуризма и численность обслуженных туристов субъектами агротуризма по областям Республики Беларусь, 2024 г. (выполнен автором по данным [15]).

экотуризм способствует развитию сельских территорий и поддержанию местных производителей.

Таким образом, проведенная оценка подтверждает устойчивое развитие агроэкотуризма Республики Беларусь, обеспечивающего баланс в реализации экономических, экологических и социальных целей, а также учитывающего интересы всех участников туристического процесса (табл. 3).

В то же время данный вид экономической деятельности имеет резервы роста, обеспечивающие конкурентоустойчивость субъектов.

Во-первых, в контексте реализации концепции устойчивого развития необходима разработка инновационных туров и экскурсий с учетом требований зеленой экономики. В перспективе озеленение туризма будет сопровождаться развитием проектирования туров по параметрам экологических предпочтений конкретных клиентов, а, следовательно, преимущества в конкурентной борьбе получают те субъекты агроэкотуризма, которые смогут наилучшим образом внедрить зеленые технологии в производство туристских услуг [17].

Во-вторых, развитие зеленой модели рыночного хозяйства требует совершенствования системы образования с целью подготовки работников с соответствующими компетенциями, необходимыми для осуществления трудовых функций. Зеленая экономика создает особые, зеленые рабочие места, реализующие высокие зеленые технологии. Следовательно, речь идет о формировании работника зеленой экономики, отличающегося набором знаний, навыков, умений, динамично меняющихся под воздействием изменений во внешней среде и зачастую получаемых благодаря внедрению зеленых технологий.

В-третьих, в условиях цифровой трансформации национальной экономики необходимо активное внедрение ИТ-технологий и программных систем организаций агроэкотуризма. К основным современным

формам цифровизации туризма следует отнести:

1) разработка мобильных приложений, полезных для осуществления туристского путешествия;

2) технология блокчейна, которая предполагает нахождение данных о покупках туристских услуг в едином цифровом пространстве, что способно помочь каждому из участников процесса оказания услуг по реализации туристского продукта ориентироваться на реальные сведения о потребителях и предугадывать их потребности, персонализируя рекламные предложения;

3) онлайн-покупка спроектированных туроператорами туров;

4) цифровизация самостоятельных туров посредством создания онлайн-школ начинающих путешественников и др. [18, 19].

Заключение

Установлено, что устойчивое развитие туризма ориентировано на долгосрочный период, при котором достигается баланс в реализации экономических, экологических, социальных и культурных целей развития, учитываются интересы всех заинтересованных сторон на основе рационального использования туристских ресурсов и партнерства. Данный методический подход согласуется с основными положениями нормативно-правовых и программных документов в области туристической индустрии Республики Беларусь.

Проведенный анализ общих условий развития туризма в стране и определения места агроэкотуризма в системе национальной экономики позволил выявить конкурентные преимущества белорусских субъектов, а также обосновать резервы роста их конкурентоустойчивости, базирующиеся на принципах и условиях зеленой экономики, а также цифровой трансформации туристического бизнеса. Среди приоритетов определены – разработка инновационных туров и экскурсий с учетом требований зеленой экономики, а также совершенство-

Таблица 3. Признаки устойчивого развития агроэкотуризма в Республике Беларусь

Признаки устойчивого развития агроэкотуризма	Характеристика признака
Качественное развитие	подтверждается
Поступательность	подтверждается
Контролируемость	подтверждается
Долгосрочное планирование	наличие Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2035 год
Рассчитанные и спрогнозированные масштабы	отражены в Государственной программе «Беларусь гостеприимная» на 2021-2025 годы
Управление на местах	управление через районных исполнительные комитеты
Развитие на основе концепции, стратегии и плана	развитие на основе пятилетних государственных программ
Равномерное распределение нагрузки на окружающую среду	соблюдается
Доходы от туризма направляются на восстановление и охрану туристических ресурсов, развитие инфраструктуры	соблюдается
Привлечение местных трудовых ресурсов	подтверждается
Информационная работа среди населения об охране окружающей среды	подтверждается
<i>Примечание. Выполнена автором на основе собственных исследований.</i>	

вание системы образования по подготовке работников с новыми компетенциями. К цифровым технологиям отнесены – онлайн-покупка спроектированных туроператорами туров, разработка мобильных приложений, необходимых для планирования и организации путешествия, внедрение цифровых технологий для проведения самостоятельных туров.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Данилов-Данильян, В.И. Экологический вызов и устойчивое развитие / В.И. Данилов-Данильян, К.С. Лосев. – М.: Прогресс-Традиция, 2000. – 416 с.
2. Гранберг, А.Г. Стратегия и проблемы устойчивого развития России в XXI веке / А.Г. Гранберг, В.И. Данилов-Данильян. – М.: Экономика, 2002. – 414 с.
3. Kastenzholz, E. Understanding and managing the rural tourism experience / E. Kastenzholz, M.J. Carneiro, C.P. Marques, J. Lima // *Tourism Management Perspectives*. – 2012. – № 4. – P. 207-214.
4. Roberts, L. Consuming the countryside: Marketing for rural tourism / L. Roberts, D. Hall // *Journal of Vacation Marketing*. – 2004. – № 10 (3). – P. 253-263.
5. Bramwell, B. Eighteen years of journal of sustainable tourism / B. Bramwell, B. Lane, S. McCabe // *Journal of Sustainable Tourism*. – 2017. – № 25 (1). – P. 1-9.
6. Белоусов, К.Ю. Современный этап эволюции концепции устойчивого развития и формирование парадигмы корпоративной устойчивости / К.Ю. Белоусов // *Проблемы современной экономики*. – 2013. № 1 (45). – С. 47-50.
7. Дин, Т. Дж. К теории устойчивого предпринимательства: сокращение деградации окружающей среды посредством предпринимательских действий / Т. Дж. Дин, Дж. С. Макмаллен // *Журнал венчурного бизнеса*. – 2007. – № 22. – С. 50-76.
8. Киреенко, Н.В. Устойчивые продовольственные системы: мировая практика и опыт государств – членов Евразийского экономического союза / Н.В. Киреенко // *Белорусский экономический журнал*. – 2021. – № 1. – С. 70-86.
9. Фролов, В.И. Методы обоснования программ устойчивого развития сельских территорий: монография / В.И. Фролов. – СПб.: СПб. гос. архит.-строит. ун-т, 2011. – 464 с.
10. Коулз, Т. Туризм и корпоративная социальная ответственность: критический обзор и программа исследований / Т. Коулз, Э. Фенклова, С. Динан // *Перспектива управления туризмом*. – 2013. – № 6. – С. 122-141.
11. Миллер, Г. Корпоративная ответственность в индустрии туризма Великобритании / Г. Миллер // *Управление туризмом*. – 2001. – № 22 (6). – С. 589-598.
12. Национальная стратегия устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2035 г. / Министерство экономики Республики Беларусь. – URL: <http://www.economy.gov.by/uploads/files/ObsugdaemNPA/Kontseptsija-na-sajt.pdf> (дата обращения: 15.11.2025).
13. О Государственной программе «Беларусь гостеприимная» на 2021–2025 годы. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100058>. (дата обращения: 15.11.2025).
14. Статистический ежегодник – 2025: стат. сборник – URL: <https://www.belstat.gov.by/upload/iblock/9be/bw58kf25iyvf50lhg5ggffbiroi4haqa.pdf>. (дата обращения: 16.11.2025).
15. Туризм и туристические ресурсы в Республике Беларусь: стат. буклет. – URL: <https://www.belstat.gov.by/upload/iblock/da5/k0ibrgqbrsk5824rod1b0zhz0qsi0iol3.pdf>. (дата обращения: 16.11.2025).
16. Указ Президента Республики Беларусь № 351 «О развитии агроэкотуризма» от 4 октября 2022 г. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=P32200351&p1=1>. (дата обращения: 16.11.2025).
17. Афанасьев, О. В. Концепт «экологического туризма» в мировой и российской практике: компаративный анализ и кейсы / О.В. Афанасьев, А.В. Афанасьева // *Современные проблемы сервиса и туризма*. – 2017. – Том 11, № 4. – С. 7-25.
18. Черевичко, Т.В. Цифровизация туризма: формы проявления / Т.В. Черевичко, Т.В. Темякова // *Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Экономика. Управление. Право*, 2019. – Т. 19, вып. 1. – С. 59-64.
19. Лю Сюэпин. Основные условия и факторы формирования и функционирования агротуризма / Лю Сюэпин // *Вестник БГСХА*. – 2025. – № 1. – С. 20-23.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 17. 11. 2025

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА И РЕАЛИЗАЦИИ КАРТОФЕЛЯ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ СИСТЕМЫ МИНИСТЕРСТВА СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

А.А. Головач,

доцент каф. информационного менеджмента, маркетинга и учета БГАТУ, канд. с.-х. наук, доцент

А.Э. Шибeko,

доцент каф. экономики и организации предприятий АПК БГАТУ, канд. экон. наук, доцент

О.Л. Сапун,

зав. каф. информационного менеджмента, маркетинга и учета БГАТУ, канд. пед. наук, доцент

М.М. Корсак,

доцент каф. экономики и организации предприятий АПК БГАТУ, канд. экон. наук, доцент

Н.А. Головач, А.А. Новик,

магистранты факультета предпринимательства и управления БГАТУ

В статье дана оценка современного состояния и развития картофелеводства в сельскохозяйственных организациях системы Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. Выявлены проблемы экономической эффективности производства и реализации картофеля и определены пути их устранения.

Ключевые слова: картофель, площадь посадки, урожайность, производительность, валовой сбор, реализация, окупаемость ресурсов, проблемы развития, пути решения.

The article provides assessment of the current state and development of potatoes cultivation in agricultural enterprises managed by the Ministry of Agriculture and Food of the Republic of Belarus. The problems of economic efficiency of potatoes production and sales are analyzed and the ways to solve the problems are suggested.

Keywords: potatoes, planting area, yield, productivity, gross harvest, sales, resource payback, problems of development, possible solutions.

Введение

Республика Беларусь входит в двадцатку стран – крупнейших производителей картофеля, лидируя по его производству на душу населения. По итогам 2024 г. объем производства картофеля в расчете на душу населения республики составил 341 кг, а объем потребления картофеля и картофелепродуктов – 159 кг при рациональной норме – 170 кг. Однако с ростом урожайности наметилась тенденция сокращения площадей возделывания картофеля, а в 2023-2024 гг. реализация его сельскохозяйственными организациями системы Минсельхозпрода Республики Беларусь стала убыточной.

Проблемам интенсификации отрасли посвящены работы Б.М. Шундалова, М.Г. Алиева, Л.А. Лопатнюк, И.В. Кулаги, В.М. Синельникова, Т.А. Тетеринец, И.В. Бореля и других [1-15].

Цель данной статьи – дать оценку современного состояния и развития картофелеводства в сельскохозяйственных организациях системы Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, а также выявить основные проблемы производства и реализации картофеля и определить пути их решения.

Основная часть

Материалы и методы

Исследование базировалось на изучении специальных литературных источников отечественных ученых, а также обобщении данных годовых отчетов сельскохозяйственных организаций Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. В ходе исследования применялись методы

– монографический, системного и сравнительного анализа.

Продовольственным картофелем хорошего качества население Республики Беларусь обеспечивается в основном за счет хозяйств населения и крестьянских (фермерских) хозяйств и в перспективе эта тенденция сохранится [16].

В настоящее время наблюдается устойчивый спрос на технический картофель (для переработки на крахмал), реализация которого для сельхозпроизводителя убыточна ввиду низких цен, в результате чего в сельскохозяйственных организациях происходит сокращение площадей посадок картофеля, особенно в системе Минсельхозпрода (табл. 1). По сравнению с 2020 г. площади возделывания картофеля были сокращены в два раза и в 2024 г. его уборочная площадь составила 6,4 тыс. га. Наибольшее снижение площадей возделывания картофеля произошло в Гомельской области.

Урожайность клубней картофеля в 2023 г. (наиболее благоприятном для его возделывания) в сельскохозяйственных организациях системы Минсельхозпрода по республике составила 319 ц/га (136,3 % к уровню 2020 года). Благодаря увеличению урожайности картофеля, спада его производства за период 2021-2023 гг. не произошло. Самый высокий уровень производства картофеля (328 тыс. т) был в 2023 г. и относительно 2020 и 2022 гг. в целом по республике составил 110,2 и 102,9 % соответственно. Однако уже в 2024 г. из-за

резкого сокращения площадей возделывания картофеля его валовой сбор составил 167 тыс. т (56,0 % к уровню 2020 г).

В 2024 г. Гродненская, Могилевская, Брестская и Минская области занимали ведущие положения в общей структуре валового сбора картофеля – 43,3; 41,4; 37,3 и 23,8 тыс. т (26,0; 24,8; 22,4 и 14,3 %) соответственно. Остальная доля (12,5 %) была произведена в Гомельской и Витебской областях, что составило – 13,2 и 7,7 тыс. т картофеля (7,9 и 4,6 % от общего количества его валового сбора в сельскохозяйственных организациях системы Минсельхозпрода).

За период 2021-2024 гг. материально-денежные затраты на 1 га посадок картофеля возросли на 82,5 % и достигли 8 769 руб. (табл. 2).

В разрезе областей темп их увеличения колебался от 147,7 % – в Могилевской области до 208,9 % – в Гомельской области. Больше всего материально-денежных средств в расчете на 1 га возделывания картофеля вкладывали сельскохозяйственные организации Брестской, Минской и Гродненской областей – 12 443; 9 041 и 8 417 руб. соответственно. Более низкий уровень вложения материально-денежных затрат в расчете на 1 га был у сельскохозяйственных организаций Могилевской, Витебской и Гомельской областей – 6 196; 7 834 и 7 225 руб. соответственно.

В среднем затраты труда на 1 га в сельскохозяйственных организациях системы Минсельхозпрода были стабильными (около 200 чел. ч). В субъектах

Таблица 1. Динамика уборочных площадей, урожайности и валовых сборов картофеля в сельскохозяйственных организациях системы Минсельхозпрода Республики Беларусь (2020-2024 гг.)

Области	Годы					2024 г. в % к 2020 г.
	2020	2021	2022	2023	2024.	
Уборочная площадь, га						
Брестская	2 793	2 794	2 685	2 354	1 512	54,1
Витебская	533	502	517	458	344	64,5
Гомельская	2 923	2 102	1 770	1 507	743	25,4
Гродненская	2 390	2 244	2 282	2 243	1 558	65,2
Минская	1 963	1 739	1 885	1 580	810	41,3
Могилевская	2 116	1 925	2 766	2 141	1 461	69,0
Республика	12 717	11 306	11 905	10 283	6 428	50,5
Урожайность, ц/га						
Брестская	232	245	264	300	247	106,5
Витебская	213	232	278	276	224	105,2
Гомельская	163	113	164	233	177	108,6
Гродненская	229	301	328	325	278	121,4
Минская	314	327	348	426	294	93,6
Могилевская	272	253	233	325	283	104,0
Республика	234	245	268	319	259	110,7
Валовой сбор, т						
Брестская	64 906	68 325	70 801	70 709	37 288	57,4
Витебская	11 351	11 653	14 347	12 660	7 692	67,8
Гомельская	47 528	23 708	28 932	35 065	13 158	27,7
Гродненская	54 686	67 571	74 913	72 953	43 322	79,2
Минская	61 723	56 865	65 514	67 251	23 815	38,6
Могилевская	57 482	48 658	64 425	69 471	41 412	72,0
Республика	297 676	276 780	318 932	328 109	166 687	56,0
<i>Примечание. Составлена авторами на основании данных годовых отчетов сельскохозяйственных организаций Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь.</i>						

Таблица 2. Динамика материально-денежных затрат и производительности труда возделывания картофеля в сельскохозяйственных организациях системы Минсельхозпрода Республики Беларусь (2020-2024 гг.)

Области	Годы					2024 г. в % к 2020 г.
	2020	2021	2022	2023	2024.	
Материально-денежные затраты на 1 га, руб.						
Брестская	6 056	8 398	9 414	10 383	12 443	205,5
Витебская	5 276	6 661	7 749	7 227	7 834	148,5
Гомельская	3 459	4 406	6 788	7 401	7 225	208,9
Гродненская	4 972	7 187	7 719	7 895	8 417	169,3
Минская	5 352	7 285	7 375	8 680	9 041	168,9
Могилевская	4 194	5 896	4 892	5 535	6 196	147,7
Республика	4 804	6 962	7 253	7 992	8 769	182,5
Затраты труда на 1 га посевов, чел. ч						
Брестская	202	186	179	225	257	127,2
Витебская	238	193	161	127	140	58,8
Гомельская	150	165	195	171	120	80,0
Гродненская	324	330	296	252	240	74,1
Минская	206	205	181	191	210	101,9
Могилевская	105	114	106	126	147	140,0
Республика	199	202	186	193	200	100,5
Затраты труда на 1 тонну продукции, чел. ч						
Брестская	8,7	7,6	6,8	7,5	10,4	119,5
Витебская	11,2	8,3	5,8	4,6	6,2	55,4
Гомельская	9,2	14,6	11,9	7,4	6,8	73,9
Гродненская	14,1	11,0	9,0	7,7	8,6	61,0
Минская	6,5	6,3	5,2	4,5	7,1	109,2
Могилевская	3,9	4,5	4,6	3,9	5,2	133,3
Республика	8,5	8,2	7,0	6,0	7,7	90,6
<i>Примечание. Составлена авторами на основании данных годовых отчетов сельскохозяйственных организаций Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь.</i>						

хозяйствования Витебской, Гродненской и Гомельской областей наблюдалась тенденция снижения трудовых затрат в расчете на единицу площади на 41,2; 25,9 и 20,0 % соответственно. В Могилевской, Брестской и Минской областях затраты труда на 1 га увеличились на 40,0; 27,2 и 1,9 % соответственно. Самые высокие затраты труда на 1 га в 2024 г. отмечались в сельскохозяйственных организациях Брестской, Гродненской и Минской областей – 257; 240 и 210 чел. ч соответственно. Более низкие затраты труда на единицу площади были в организациях Гомельской, Витебской и Могилевской областей.

Трудоемкость производства одной тонны клубней картофеля за последние 5 лет по республике колебалась от 6,0 чел. ч (2023 г.) до 8,5 чел. ч (2020 г.).

В период 2006-2010 гг. планировалось организовать действенные сырьевые зоны для картофелеперерабатывающих организаций республики с общим объемом производства технического картофеля до 325 тыс. т в год. До этого основную долю сырья крахмальные заводы имели благодаря значительным площадям возделывания картофеля продовольственного назначения, так как для переработки на крахмал отправлялась «нестандартная» и поврежденная часть урожая. Разделение и реализация урожая картофеля на продовольственные и технические цели окупали затраты сельхозпроизводителя и перерабатывающие предприятия работали рентабельно, так как закупали сырье по низкой цене. В последнее время ситуация изменилась (табл. 3-5).

Анализ таблицы 3 показал, что за период 2021-2024 гг. в целом по республике в сельскохозяйственных организациях системы Минсельхозпрода наблюдалась тенденция к уменьшению реализации клубней картофеля. В результате объемы его продаж в 2024 г. снизились до 142 897 т (83,6 % к уровню 2020 г.) в большинстве регионов республики, кроме Могилевского и Гродненского. В этих регионах в 2024 г. объем продаж картофеля увеличился на 13,1 и 9,0 % соответственно. Следует отметить, что на протяжении всего анализируемого периода больше всего картофеля было продано в Гродненском регионе. Так, в 2024 г. сельскохозяйственные организации данного региона продали 51 тыс. т картофеля (35,7 % в структуре всех продаж по республике). При этом от 52,8 до 73,2 % картофеля, проданного в период 2021-2024 гг., отправлялось для переработки на крахмал, так как производственные мощности крахмальной промышленности этого региона самые высокие в стране.

Ввиду поставок клубней картофеля на крахмальные заводы по низким ценам в картофелеводстве системы Минсельхозпрода наблюдается тенденция увеличения убытков. Так, средняя цена картофеля, реализованного для переработки на крахмал, в зависимости от крахмалистости сырья колебалась от 106 до 136 руб. за 1 т (2021-2024 гг.). В 2023 г. цена картофеля составляла 121 руб. за 1 т (90,9 % к уровню 2020 г.), а в 2024 г. опустилась еще ниже – 106 руб. за 1 т (80,3 % к уровню 2020 г.) (табл. 4). Необходимо также

Таблица 3. Динамика реализации клубней картофеля в сельскохозяйственных организациях системы Минсельхозпрода Республики Беларусь (2020-2024 гг.)

Области	Годы					2024 г. в % к 2020 г.
	2020	2021	2022	2023	2024	
Реализовано всего, т						
Брестская	31 285	35 104	26 427	15 729	24 507	78,3
Витебская	9 624	6 575	7 967	6 371	6 269	65,1
Гомельская	19 607	10 354	7 180	8 522	6 481	33,1
Гродненская	46 815	53 248	51 634	57 609	51 042	109,0
Минская	38 574	34 011	29 531	33 135	26 240	68,0
Могилевская	25 065	27 487	24 627	23 389	28 358	113,1
Республика	170 970	166 779	147 366	144 755	142 897	83,6
в т.ч.: реализовано на промышленную переработку, т						
Брестская	2 821	1 510	1 974	959	792	28,1
Витебская	-	-	-	-	-	-
Гомельская	-	-	-	-	-	-
Гродненская	25 551	28 113	28 747	42 178	33 439	130,9
Минская	8 015	4 949	7 213	8 215	7 867	98,2
Могилевская	-	-	130	-	-	-
Республика	36 387	34 572	38 064	51 352	42 098	115,7
Доля клубней картофеля, реализованного на промышленную переработку, %						
Брестская	9,0	4,3	7,5	6,1	3,2	-5,8 п.п.
Витебская	-	-	-	-	-	-
Гомельская	-	-	-	-	-	-
Гродненская	54,6	52,8	55,7	73,2	65,5	10,9 п.п.
Минская	20,8	14,6	24,4	24,8	30,0	9,2 п.п.
Могилевская	-	-	0,5	-	-	-
Республика	21,3	20,7	25,8	35,5	29,5	8,2 п.п.
<i>Примечание. Составлена авторами на основании данных годовых отчетов сельскохозяйственных организаций Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь.</i>						

отметить, что в течение этого периода произошло значительное подорожание материально-технических ресурсов (горючее, минеральные удобрения, средства защиты растений и т.д.). В результате этого себестоимость реализации картофеля на крахмал в сельскохозяйственных организациях республики в 2023 г. увеличилась на 20,4 % по сравнению с 2020 г., а убытки возросли на 15,9 п.п. (рентабельность реализации составила минус 48,9 %, тогда как в 2020 г. она была минус 34,5 %). Аналогичное положение наблюдалось и в 2024 г. Наибольшие убытки понесли сельскохозяйственные организации Гродненской области (табл. 5), которые больше всего картофеля поставляли на крахмальные заводы. В общей сложности существующие мощности крахмальной промышленности Гродненской области в последнее время перерабатывали значительную часть картофеля сельскохозяйственных организаций. Так, к примеру, в 2023 и 2024 гг. удельный вес сельскохозяйственных организаций этого региона в общем объеме картофельного сырья, поставляемого на переработку, по стране составлял 82,1 % (42 178 т в 2023 г.) и 79,4 % (33 439 т – в 2024 г.). В то время как доля субъектов Минской и Брестской областей была – 16,0; 1,9 % (2023 г.) и 18,7; 1,9 % (2024 г.) соответственно, а удельный вес клубней картофеля, реализованного для переработки на крахмал, от общего объема реализации картофеля по названным областям составлял – 24,8; 6,1 % (2023 г.) и 30,0; 3,2 % (2024 г.) соответственно. Средняя цена всего реализованного

картофеля (на продовольственные, технические и семенные цели) за весь анализируемый период (2020-2024 гг.) в Гродненской области была самой низкой – от 145 до 254 руб/т, а убытки – самые высокие. Особенно неблагоприятная ситуация у сельскохозяйственных организаций Гродненской области сложилась в 2023 и 2024 гг. За два последних десятилетия возделывания картофеля в Гродненском регионе еще не было такого положения, когда производственные результаты по возделыванию картофеля положительные, а полученный экономический эффект – такой низкий. Рентабельность картофелеводства в сельскохозяйственных организациях Гродненской области составила минус 44,2 % (2023 г.) и минус 45,3 % (2024 г.), что указывает на окупаемость затрат только на 55,8-54,7 %. Похожее положение наблюдалось во всех областях, поставляющих картофель на крахмальные заводы, но в связи с меньшей долей поставок убытки были значительно ниже. В целом картофелеводство страны (табл. 5) в 2023 г. окупало свои затраты только на 77,9 % (рентабельность – минус 22,1 %), а в 2024 г. – на 79,5 % (рентабельность – минус 20,5 %).

Низкий уровень окупаемости ресурсов и, как следствие, убыточность производства не могут способствовать в должной мере развитию картофельного хозяйства в сельскохозяйственных организациях.

Загрузить производственные мощности крахмальных заводов картофелем технического назначе-

Таблица 4. Себестоимость и цена реализации клубней картофеля в сельскохозяйственных организациях системы Минсельхозпрода Республики Беларусь (2020-2024 гг.)

Области	Годы					2024 г. в % к 2020 г.
	2020	2021	2022	2023	2024	
Себестоимость реализации 1 тонны всей продукции картофеля, руб.						
Брестская	298	427	454	513	629	211,1
Витебская	260	313	318	347	363	139,6
Гомельская	230	411	481	445	490	213,0
Гродненская	213	250	267	261	315	147,9
Минская	202	279	322	240	320	158,4
Могилевская	222	301	319	201	192	86,5
Республика	232	314	333	288	355	153,0
в т.ч.: себестоимость реализации 1 тонны картофеля на промышленную переработку, руб.						
Брестская	252	303	207	172	514	204,0
Витебская	-	-	-	-	-	-
Гомельская	-	-	-	-	-	-
Гродненская	202	223	236	253	292	144,6
Минская	179	245	256	197	304	169,8
Могилевская	-	-	115	-	-	-
Республика	201	229	238	242	299	148,8
Средняя цена реализации 1 тонны всей продукции картофеля, руб.						
Брестская	299	453	430	347	411	137,5
Витебская	284	455	503	398	400	140,8
Гомельская	247	463	497	302	369	149,4
Гродненская	185	254	248	145	172	93,0
Минская	230	414	398	214	281	122,2
Могилевская	294	443	448	275	326	110,9
Республика	245	381	370	224	282	115,1
в т.ч.: средняя цена реализации 1 тонны картофеля на промышленную переработку, руб.						
Брестская	235	91	93	43	76	32,3
Витебская	-	-	-	-	-	-
Гомельская	-	-	-	-	-	-
Гродненская	132	108	137	116	106	80,3
Минская	94	100	143	153	110	117,0
Могилевская	-	-	123	-	-	-
Республика	132	106	136	120	106	80,3
<i>Примечание. Составлена авторами на основании данных годовых отчетов сельскохозяйственных организаций Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь.</i>						

ния (с высоким содержанием крахмала) возможно при благоприятной для сельхозпроизводителей ценовой политике. Следует учитывать то обстоятельство, что в большинстве случаев крахмальные заводы находятся в зоне возделывания фабричной сахарной свеклы. У сельхозпроизводителей с сахарными заводами налажена довольно сбалансированная целостная система производственно-экономических отношений, что обеспечивает относительно благоприятные условия для укрепления экономики свекловодческих хозяйств и сахарных заводов.

В то же время в развитии картофелеводства значительная роль принадлежит производству высококачественных семян. Научными исследованиями и перодовой практикой доказано, что применение факторов интенсификации (совершенная техника, высокие нормы удобрений, хорошо организованная защита от вредителей и болезней) будет малоэффективной, если посадка проведена некачественными семенами [17]. Это связано с вегетативным характером размножения картофеля, где основной причиной вырождения сор-

тов являются вирусные и виroidные болезни, в борьбе с которыми химические средства защиты растений бессильны. Благодаря своевременному обновлению сортов (1-2 года) страны Западной Европы получают урожайность картофеля – 50-60 т/га. Поэтому с 2015 года семеноводство в республике заканчивается второй репродукцией [18]. Необходимо постоянно проводить сортообновление и сортосмену, иметь больше площадей для семеноводческих посадок картофеля, а также картофелехранилищ для хранения посадочного материала и товарного картофеля. Сахарная свекла, например, прямо с полей отправляется на сахарный завод или приемный пункт и не требует дополнительных затрат, связанных с ее хранением. Кроме этого, при механизированной погрузке клубни картофеля в большей степени подвержены травмированию, разрезанию (порче товарного вида) по сравнению с погрузкой корнеплодов сахарной свеклы.

Все названные выше аспекты требуют при возделывании картофеля более значительных материальных и трудовых затрат по сравнению с производ-

Таблица 5. Показатели экономической эффективности реализации картофеля в сельскохозяйственных организациях системы Минсельхозпрода Республики Беларусь (2020-2024 гг.)

Области	Годы					2024 г. в % к 2020 г.
	2020	2021	2022	2023	2024	
Прибыль, убыток (-) от реализации всего картофеля, тыс. руб.						
Брестская	31	905	-648	-2 612	-5 364	-
Витебская	231	936	1 474	326	232	-
Гомельская	329	548	117	-1 221	-781	-
Гродненская	-1 299	215	-996	-6 630	-7 275	-
Минская	1 087	4 589	2 233	-849	-1 022	-
Могилевская	1 824	3 923	3 173	1 747	3 790	-
Республика	2 203	11 116	5 353	-9 239	-10 420	-
в т.ч.: прибыль, убыток (-) от реализации картофеля на промышленную переработку, тыс. руб.						
Брестская	-46	-320	-225	-124	-347	-
Витебская	-	-	-	-	-	-
Гомельская	-	-	-	-	-	-
Гродненская	-1 793	-3 215	-2 838	-5 779	-6 236	-
Минская	-684	-718	-813	-362	-1 533	-
Могилевская	-	-	1	-	-	-
Республика	-2 523	-4 253	-3 875	-6 265	-8 116	-
Рентабельность реализации всей продукции картофеля, %						
Брестская	0,3	6,0	-5,4	-32,4	-34,8	-35,1 п.п.
Витебская	9,2	45,5	58,1	14,8	10,2	1,0 п.п.
Гомельская	7,3	12,9	3,4	-32,2	-24,6	-31,9 п.п.
Гродненская	-13,0	1,6	-7,2	-44,2	-45,3	-32,3 п.п.
Минская	13,9	48,4	23,4	-10,7	-12,2	-26,1 п.п.
Могилевская	32,8	47,5	40,4	37,2	69,5	36,7 п.п.
Республика	5,6	21,2	10,9	-22,1	-20,5	-26,1 п.п.
в т.ч.: рентабельность реализации картофеля на промышленную переработку, %						
Брестская	-6,5	-69,9	-55,0	-75,2	-85,3	-78,8 п.п.
Витебская	-	-	-	-	-	-
Гомельская	-	-	-	-	-	-
Гродненская	-34,7	-51,3	-41,8	-54,2	-63,8	-29,1 п.п.
Минская	-47,6	-59,3	-44,0	-22,4	-64,0	-16,4 п.п.
Могилевская	-	-	6,7	-	-	-
Республика	-34,5	-53,6	-42,8	-50,4	-64,5	-30,0 п.п.
<i>Примечание. Составлена авторами на основании данных годовых отчетов сельскохозяйственных организаций Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь.</i>						

ством фабричной сахарной свеклы, а учитывая ценовой фактор и убыточность при реализации на крахмальные заводы, возделывание картофеля для сельхозпроизводителя остается невыгодным.

Заключение

1. Основная масса прибыли в АПК нашей страны создается на этапах переработки сельскохозяйственного сырья и реализации продовольствия.

Картофельнопродуктовый подкомплекс республики в настоящее время работает недостаточно эффективно. Выручка от реализованной продукции за 2023 и 2024 гг. не окупает затраты сельхозпроизводителя, специализирующегося на обеспечении крахмальных заводов сырьем.

2. Получение достаточной прибыли от реализации картофеля становится актуальной проблемой. Полное обеспечение потребителей страны продуктами переработки картофеля по ценам, ниже импортных, возможно в том случае, если сельхозпроизводи-

тель сырья и переработчик будут представлять собой сбалансированную целостную систему. Необходимо разработать механизм перераспределения полученной на конечном этапе прибыли между участниками единой технологической цепи «производство сырья – переработка».

3. В организационной части производства для снижения себестоимости картофельного сырья должна быть налажена более эффективная система производства семенного материала. В настоящее время в сельхозорганизациях сырьевых зон крахмальных заводов удельный вес картофеля в структуре посевных площадей составляет незначительную долю, а увеличение концентрации его посадок ведет к увеличению убытков в сельхозпредприятиях. При низкой концентрации посадок иметь семеноводческие посадки картофеля и строить современные семеноводческие хранилища производителю экономически нецелесообразно. Сельскохозяйственные организации концентрируют свое внимание на возделывании товарных

сельскохозяйственных культур, требующих меньших затрат и приносящих наибольшую прибыль. В настоящее время в республике такими товарными сельскохозяйственными культурами являются сахарная свекла и рапс.

4. Для решения возникших проблем по обеспечению крахмальных заводов сырьем сельхозпроизводителю и переработчику необходимо разработать систему распределения между собой прибыли, полученной на конечном этапе, пропорционально нормативным затратам. В системе распределения прибыли должен быть заложен материальный стимул для снижения себестоимости производства продукции сельхозпроизводителем и переработчиком.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Киреенко, Н.В. Механизм трансформации производственно-сбытовой системы АПК Республики Беларусь в условиях цифровой экономики / Н.В. Киреенко, К.В. Борель // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2025. – № 2, т. 63. – С. 95-114.
2. Маханько, В. Площади посевов картофеля в Беларуси сокращаются? / В. Маханько, Г. Матус, Д. Комлач, А. Запрудский, А. Мелешня // Беларусь сегодня. – 2025. – 2 мая – С. 12-13.
3. Волчкевич, И. Белорусские цифровые технологии в защите картофеля от болезней / И. Волчкевич // Белорусское сельское хозяйство. – 2025. – № 2. – С. 154-158.
4. Королевич, Н.Г. Оценка эффективности функционирования картофелепродуктового подкомплекса Витебской области / Н.Г. Королевич, И.А. Оганезов, М.М. Корсак, А. Буга // Аграрная экономика. – 2023. – № 1. – С. 58-69.
5. Шундалов, Б.М. Картофелеводческая отрасль Беларуси: региональные особенности возделывания, производительность труда и результативность работы / Б.М. Шундалов // Аграрная экономика. – 2022. – № 9. – С. 59-75.
6. Борель, К.В. Тенденции развития производства и реализации картофеля в Республике Беларусь / К.В. Борель // Агропанорама. – 2021. – № 5. – С. 43-48.
7. Новый взгляд на организацию автоматического управления микроклиматом при хранении семенного картофеля / М.Г. Алиев [и др.] // Соврем. наукоемкие технологии. – 2021. – № 11. – С. 237-242.
8. Шундалов, Б.М. Системная интенсификация производства и себестоимость продукции картофелеводства / Б.М. Шундалов // Вестник БГСХА. – 2020. – № 4. – С. 29-34.
9. Бречко, Я. Теоретические аспекты интенсификации возделывания картофеля / Я. Бречко, А.А. Головач // Аграрная экономика. – 2018. – № 11. – С. 48-54.
10. Головач, А.А. Анализ и оценка современного состояния картофелеводства сельскохозяйственных организаций Республики Беларусь, проблемы в звене картофелепродуктового подкомплекса АПК «сельхозпроизводитель-переработчик картофеля на крахмал» на примере ОАО «Рогозницкий крахмальный завод», пути их решения / А.А. Головач // Аграрная экономика. – 2018. – № 9. – С. 32-42.
11. Лопатнюк, Л.А. Состояния и направления развития картофелеперерабатывающего подкомплекса Беларуси / Л.А. Лопатнюк, И.В. Кулага // Аграрная экономика. – 2017. – № 8. – С. 44-51.
12. Прищепов, М.А. Факторы и условия эффективного производства картофеля в Республике Беларусь / М.А. Прищепов, В.М. Синельников // Научно-практические аспекты инновационных технологий возделывания и переработки картофеля: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Рязань, 19 февр. 2015 г. / ФГБОУ ВПО РГАТУ; под общ. ред. Д.В. Виноградова. – Рязань, 2015. – С. 335-342.
13. Синельников, В.М. Экономические предпосылки интеграции предприятий картофелепродуктового подкомплекса / В.М. Синельников // Аграрная экономика. – 2015. – № 3. – С. 34-38.
14. Сокол, С. Продуктивность и экономическая эффективность применения природных удобрений при выращивании картофеля при экологизированной технологии / С. Сокол, И. Заборонок, Н. Курейчик // Аграрная экономика. – 2015. – № 4. – С. 58-63.
15. Тетеринец, Т.А. Оценка эффективности производства картофеля в Республике Беларусь / Т.А. Тетеринец, А.С. Мельникова // Знания молодых – будущее России: материалы XV Междунар. студ. науч.-практ. конф.: в 4 ч., г. Киров, 4-6 апр. 2018 г. – Киров: Вятская ГСХА, 2018. – Ч. 3: Экономические науки. Макроэкономика. – С. 174-176.
16. Сельское хозяйство Республики Беларусь: статистический буклет / Национальный статистический комитет Республики Беларусь; редкол.: И.В. Медведева [и др.]. – Минск, 2025. – 35 с.
17. Банадысев, С.А. Семеноводство картофеля: организация, методы, технология / С.А. Банадысев. – Минск, 2003. – 325 с.
18. Программа «Инновационное развитие производства картофеля и топинамбура» на 2013-2016 годы / В.И. Старовойтов, Н.В. Воронов, О.А. Старовойтова [и др.] // Картофелеводство: сб. науч. тр.: в 2 ч. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по картофелеводству и плодовоовощеводству»; редкол.: С.А. Турко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2013. – Т. 21. – Ч. 2 – С. 6-15.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 03.10.2025

УДК 338.1

<https://doi.org/10.56619/2078-7138-2025-172-6-40-44>

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО КОНКУРЕНТОУСТОЙЧИВОМУ РАЗВИТИЮ И ИНФРАСТРУКТУРНОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ МЯСНОЙ ПРОДУКЦИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Т.В. Гусарова,

ст. преподаватель БГСХА, магистр экон. наук

В статье выполнено научное обоснование концептуальной модели внедрения инновационных технологий по основным бизнес-процессам производителей мясной продукции. Для их конкурентоустойчивого развития предложена система комплексного мониторинга инновационной активности организации, позволяющая создать информационную базу раннего обнаружения проблем, а также прогнозировать изменения на всех этапах производственно-сбытовой и экспортной деятельности. С целью развития инфраструктурного обеспечения производителей мясной продукции обосновано создание инновационной электронной площадки на основе роботизированной eCommerce-платформы «1С-Битрикс24: Интернет-магазин+ CRM».

Ключевые слова: конкурентоустойчивое развитие, инфраструктурное обеспечение, бизнес-процессы, мониторинг, инновационная активность, инновационная электронная площадка, эффективность.

The article provides a scientific analysis of a conceptual model for implementing innovative technologies in the core business practices of meat products manufacturers. For the purpose of their competitive sustainable development, a system of comprehensive monitoring of the company's innovation activity is proposed, which allows to create an information base for early problem detection, as well as to predict changes at all stages of production, sales, and export activities. With the aim of developing the infrastructure support for meat producers, the creation of an innovative electronic platform based on the robotic e-Commerce platform "1С-Bitrix24: Online Store + CRM" is justified.

Keywords: competitive sustainable development, infrastructure support, business processes, monitoring, innovative activity, innovative electronic platform, efficiency.

Введение

Развитие национальной экономики Республики Беларусь на инновационной основе обусловлено тем, что только создание новых видов деятельности и новых продуктов в долгосрочной перспективе обеспечивает субъектам хозяйствования их конкурентные преимущества. Данные аспекты определены Декретом Президента Республики Беларусь № 8 от 21 декабря 2017 г. «О развитии цифровой экономики», Директивой Президента Республики Беларусь от 4 марта 2019 г. № 6 «О развитии села и повышении эффективности аграрной отрасли», Указом Президента Республики Беларусь № 381 от 29 ноября 2023 г. «О цифровом развитии», Программой деятельности Правительства Республики Беларусь на 2025–2029 годы, Национальной стратегией устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2040 года [1-5].

Производством мяса и мясной продукции занимаются сельскохозяйственные организации, специализированные производственные (мясокомбинаты) и торговые субъекты хозяйствования. Достигнутые объемы производства мяса и мясопродуктов обеспечивают внутренние потребности страны. При этом в 2024 г. уровень самообеспечения мясом составил 140,2 % и по сравнению с 2020 г. вырос на 4,3 п. п. В

республике наблюдается ежегодное увеличение объемов производства мяса и субпродуктов пищевых, колбасных изделий, а также полуфабрикатов мясных и мясосодержащих, что обусловлено внедрением новых инновационных технологий, расширением ассортиментной линейки за счет выпуска импортозамещающей продукции и товаров специализированного (спортивного, детского) питания.

В то же время, как показывают исследования В.И. Бельского, В.Г. Гусакова, Н.В. Киреенко, Л.В. Пакуш, И.А. Войтко, А.В. Грибова, внутренний и мировой рынок мяса характеризуется изменением потребительских предпочтений и потребностей населения, высоким уровнем конкуренции среди производителей и продавцов, что оказывает существенное влияние на обеспечение их сбалансированного инновационного роста [6-12]. Для достижения последнего определяющее значение в современных условиях имеет разработка рекомендаций по конкурентоустойчивому развитию и инфраструктурному обеспечению производителей мясной продукции, создающих благоприятные условия по повышению эффективности деятельности субъектов и усилению их конкурентных преимуществ на внутреннем и внешнем рынке. Это в совокупности определяет цель данной научной статьи.

Материалы и методы

Теоретические, методические и практические аспекты исследования основывались на результатах обобщения и систематизации научных трудов отечественных и зарубежных ученых, основных положениях принятых нормативных правовых и программных документов в Республике Беларусь. Исследование проводилось на основе использования общенаучных методов и приемов теоретического познания, таких как причинно-следственный и логико-структурный анализ и синтез.

Основная часть

Разработанные рекомендации включают комплекс направлений, мер и мероприятий по конкурентоустойчивому развитию и инфраструктурному обеспечению производителей мясной продукции [13]. Новизна разработки заключается в создании условий для сбалансированного функционирования и инновационного роста производства, товарного обмена и жизнеобеспечения в обществе, а также сохранении экономической целостности.

Важным направлением рекомендаций является разработка концептуальной модели внедрения инновационных технологий по основным бизнес-процессам производителей мясной продукции, представляющая собой совокупность взаимосвязанных задач и мероприятий, направленных на достижение определенной цели или результата в рамках организации.

Выполненное исследование показало, что существующие классификации бизнес-процессов, представленные в научных трудах отечественных и зарубежных авторов, в качестве основных критериев использовали: добавленную стоимость [14, 15]; потребительскую ценность для клиента [16-18]; виды деятельности [19, 20]. Однако наиболее распространенной классификацией является подход, включающий в себя бизнес-процессы управления, развития, основные и обеспечивающие бизнес-процессы. Данного направления придерживается и автор данного исследования, обосновывая концептуальную модель внедрения инновационных технологий по основным бизнес-процессам производителей мясной продукции (рис. 1). Научная новизна разработки состоит в определении мероприятий для каждого вида бизнес-процесса, предусматривающие новые подходы, обеспечивающие повышение эффективности организации и конкурентоспособность продукции на рынке, а также их автоматизацию на основе использования специализированного программного обеспечения CRM (Customer Relationship Management).

Формирование системы комплексного мониторинга инновационной активности организации позволяет создать информационную базу раннего обнаружения проблем, а также прогнозировать соответствующие изменения на всех этапах производственно-сбытовой и экспортной деятельности.

Выполненный анализ показал, что постановлением Национального статистического комитета Рес-

публики Беларусь от 3 сентября 2021 г. № 76 утверждена государственная статистическая отчетность по форме 1-нт (инновация) «Отчет об инновационной деятельности». Необходимо отметить, что в отчете отражается не только внедрение инноваций, но и затраты на разработку и освоение продуктовых инноваций и инноваций бизнес-процесса. Согласно постановлению, организации, осуществляющие затраты на инновации и/или отгружающие инновационную продукцию, считаются инновационно-активными.

На основании изучения зарубежного опыта предлагается дополнить национальную действующую оценку инновационной деятельности организаций (макроуровень) формированием системы комплексного мониторинга инновационной активности на микроуровне, который будет рассматриваться как средство получения статистически достоверной информации и составления краткосрочных и долгосрочных прогнозов для качественного управления процессом развития инновационной деятельности субъекта (рис. 2).

В качестве основных элементов системы комплексного мониторинга инновационной активности производителей мясной продукции должны стать: выбор показателей и индикаторов; сбор данных; анализ данных; принятие управленческого решения по регулированию инновационной активности организации. Кроме того, при оценке эффективности внедрения инновационных решений необходимо определять социальную и экологическую эффективность.

Для конкурентоустойчивого развития производителей мясной продукции необходимо формирование инновационной инфраструктуры. В этой связи предлагается на базе ОАО «Могилевский мясокомбинат» создание инновационной электронной площадки на основе роботизированной eCommerce-платформы «1С-Битрикс24: Интернет-магазин+ CRM». Основная цель будет состоять в оптимизации бизнес-процессов исследуемой организации посредством объединения в единой системе Интернет-магазина, контакт-центра, CRM-маркетинга и CRM-аналитики в соответствии с законодательством Республики Беларусь, регулирующем онлайн-продажи.

Расчет экономического эффекта от внедрения роботизированной eCommerce-платформы «1С-Битрикс24: Интернет-магазин+ CRM» показывал, что с учетом совокупных расходов на внедрение данной платформы простой срок окупаемости вложений составит 0,03 года или 11 дней (табл. 1).

В целом цифровая трансформация способствует повышению прозрачности и улучшению контроля за всеми информационными потоками и процессами, протекающими в организации агробизнеса, что обуславливает повышение качества работы с информацией, возможность выполнения новых типов или способов организации работ, формирование единого информационного пространства в масштабах субъекта, развитие корпоративной культуры, стимулируемое применением современных технологий для коллективной работы сотрудников и предоставляемых им информационных и коммуникационных возможностей.

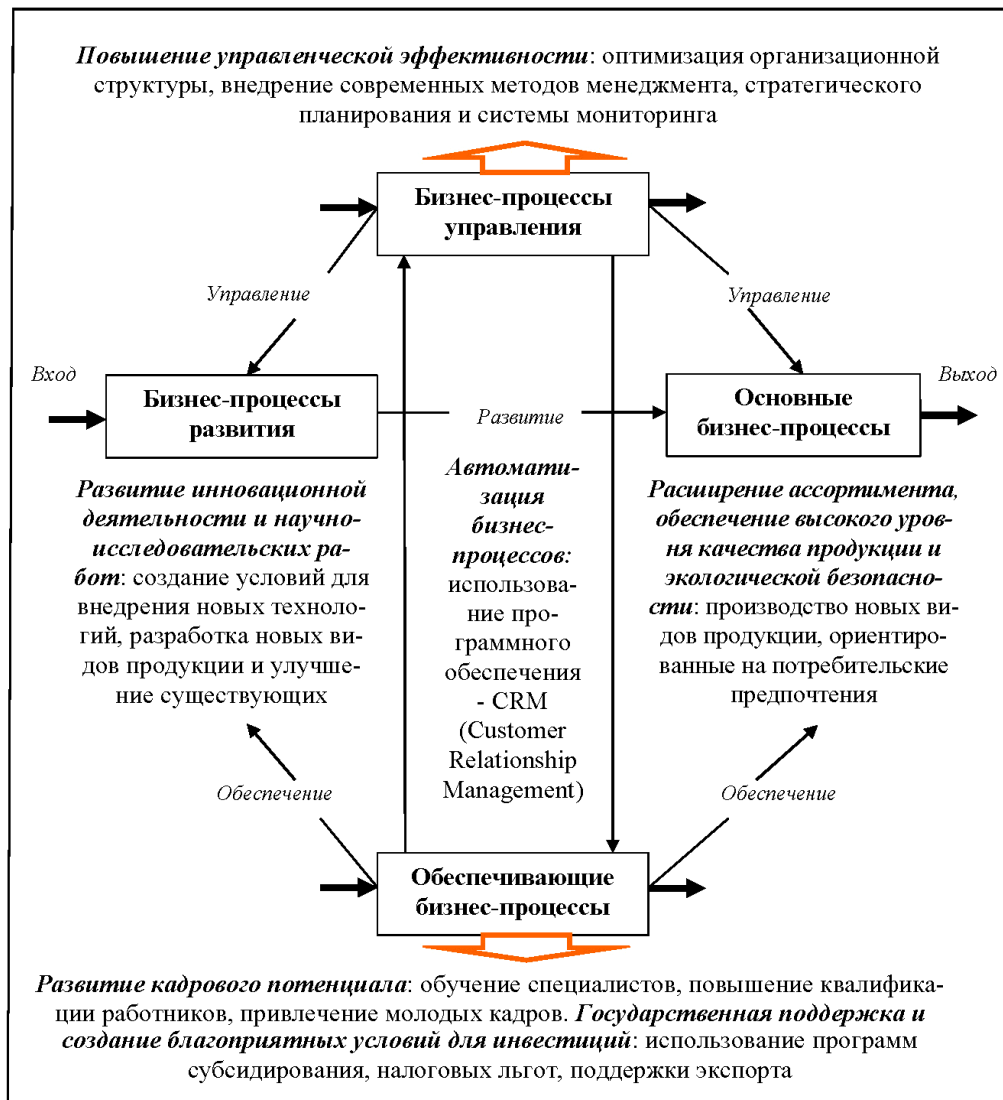


Рисунок 1. Концептуальная модель внедрения инновационных технологий по основным бизнес-процессам производителей мясной продукции

Заключение

Таким образом, на основании проведенных исследований разработаны практические рекомендации по конкурентоустойчивому развитию и инфраструктурному обеспечению производителей мясной продукции, включающие:

- концептуальную модель внедрения инновационных технологий по основным бизнес-процессам производителей мясной продукции (бизнес-процессы управления, бизнес-процессы развития, основные бизнес-процессы, обеспечивающие бизнес-процессы), предусматривающая их автоматизацию на основе использования специализированного программного обеспечения CRM;

- основные элементы системы комплексного мониторинга инновационной активности на микроуровне как средства получения статистически досто-

верной информации и составления краткосрочных и долгосрочных прогнозов для качественного управления процессом развития инновационной деятельности субъекта;

- создание инновационной электронной площадки на основе роботизированной eCommerce-платформы «1С-Битрикс24: Интернет-магазин+ CRM», представляющей собой специализированный онлайн ресурс, обеспечивающий прозрачную и надежную CRM-систему контроля качества и отзывов покупателей, ведения деловой коммуникации, проведения аналитической работы по изучению рынка и выставочно-ярмарочной деятельности.

Новизна и особенность разработки заключаются в повышении управленческой эффективности, развитии инновационной деятельности, обеспечении эффективности использования кадрового потенциала, расширению ассортимента и диверсификации рынков сбыта.

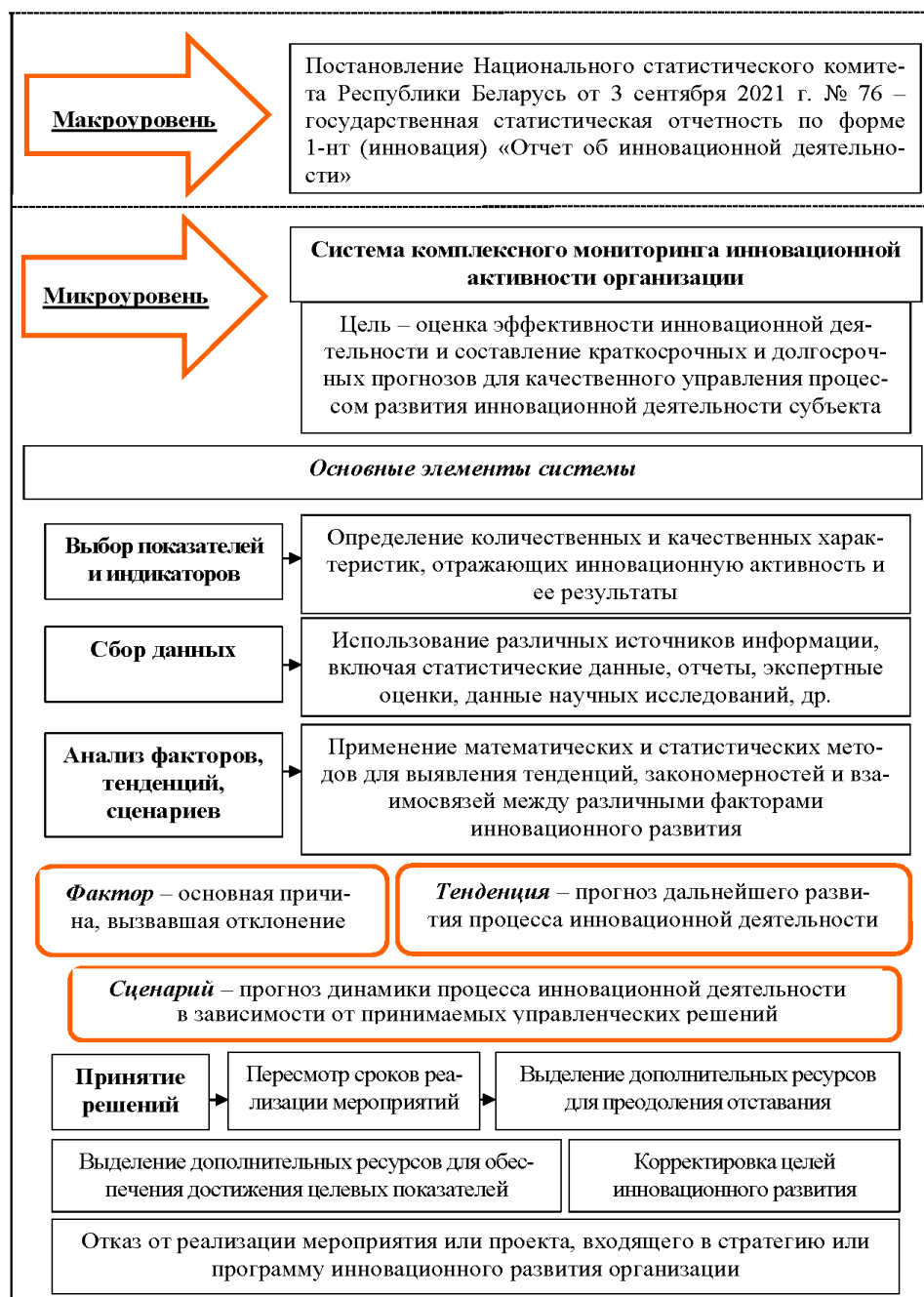


Рисунок 2. Система комплексного мониторинга инновационной активности производителей мясной продукции

Таблица 1. Экономический эффект от внедрения роботизированной eCommerce-платформы «1С-Битрикс24: Интернет-магазин+ CRM», тыс. руб.

Наименование показателей	Значение
Прирост прибыли от реализации мясной продукции	1 659,00
Прирост расходов на разработку и внедрение платформы	39,65
Прирост прибыли от реализации с учетом покрытия расходов на разработку и внедрение платформы	1 619,35
Прирост чистой прибыли	1 295,48
Простой срок окупаемости вложений	0,03 года (11 дней)

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ
ИСТОЧНИКОВ**

1. О развитии цифровой экономики: Декрет Президента Респ. Беларусь от 21 дек. 2017 г. № 8 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=Pd1700008> (дата обращения: 20.10.2025).
2. О развитии села и повышении эффективности аграрной отрасли: Директива Президента Респ. Беларусь от 4 марта 2019 г. № 6 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=P01900006> (дата обращения: 20.10.2025).
3. О цифровом развитии: Указ Президента Респ. Беларусь от 29 ноября 2023 г. № 381 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=P32300381> (дата обращения: 21.10.2025).
4. Об утверждении Программы деятельности Правительства Республики Беларусь на 2025–2029 годы: постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 8 мая 2025 г. № 254 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22500254> (дата обращения: 21.10.2025).
5. Национальная стратегия устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2040 года // Министерство экономики Республики Беларусь. – URL: <https://economy.gov.by/uploads/files/NSUR/natsionalnaj-a-strategija-ustojchivogo-razvitija-respubliki-belarus-na-period-do-2040-goda.pdf> (дата обращения: 20.10.2025).
6. Бельский, В.И. Экономический механизм государственного регулирования сельскохозяйственного производства: теория, методология, практика / В.И. Бельский. – Минск: Ин-т системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2018. – 265 с.
7. Гусаков, В.Г. Экономика и организация сельского хозяйства в условиях становления рынка: научный поиск, проблемы, решения / В.Г. Гусаков. – Минск: Белорус. наука, 2008. – 431 с.
8. Киреенко, Н.В. Современные тренды инновационного развития аграрного бизнеса Республики Беларусь / Н.В. Киреенко // Агропанорама. – 2025. – № 3. – С. 40-44.
9. Механизмы устойчивого инновационного развития аграрного бизнеса Республики Беларусь / Н.В. Киреенко [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2024. – 204 с.
10. Пакуш, Л.В. Рекомендации по обеспечению устойчивого развития мясоперерабатывающих организаций АПК / Л.В. Пакуш, А.В. Ефименко // Проблемы экономики: сб. науч. трудов. – 2017. – № 2 (25). – С. 116-127.
11. Войтко, И.А. Сценарии развития сельского хозяйства Республики Беларусь в условиях сближения продовольственных систем Беларуси и России / И.А. Войтко // Агропанорама. – 2025. – № 5. – С. 7-13.
12. Грибов, А.В. Перспективы развития специализированного мясного скотоводства в Республике Беларусь / А.В. Грибов // Проблемы экономики: сборник науч. трудов. – 2016. – № 1(22). – С. 45-54.
13. Гусарова, Т.В. Методические основы разработки стратегии обеспечения сбалансированного экономического роста производства мясной продукции / Т.В. Гусарова // Агропанорама. – 2024. – № 3 (163). – С. 33-37.
14. Porter, M.E. Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance / M.E. Porter. – New York: Free Press, Collier Macmillan, 1985. – 557 p.
15. Хаммер, М. Реинжиниринг корпорации: Манифест революции в бизнесе. Пер. с англ. / М. Хаммер, Дж. Чампи. – СПб.: Изд-во С.-Петербургского ун-та, 1997. – 332 с.
16. Davenport, T.H. The New Industrial Engineering: Information Technology and Business Process Redesign / T.H. Davenport // Sloan Management Review. – 1990. – № 11. – P. 27.
17. Харрингтон, Дж. Оптимизация бизнес-процессов: документирование, анализ, управление, оптимизация / Дж. Харрингтон, К.С. Эсселинг, Харм Ван Нимвеген. – СПб.: АЗБУКА БМикро, 2002. – 328 с.
18. Шеер, А.В. Бизнес-процессы. Основные понятия. Теория. Методы / А.В. Шеер. – М.: Мета Технология, 1999. – 151 с.
19. Амирханов, К.Г. Бизнес-процессы промышленного предприятия: понятие и классификация / К.Г. Амирханов // Вопросы структуризации экономики. – 2005. – № 2. – С. 140-149.
20. Грекул, В.И. Методы измерения подобия бизнес-процессов / В.И. Грекул, И.А. Малиновский // Автоматизация и современные технологии. – 2008. – № 4. – С. 27-34.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 10.12.2025

ПЕРЕЧЕНЬ СТАТЕЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В ЖУРНАЛЕ «АГРОПАНОРАМА» В 2025 ГОДУ

№ 1/2025

А.Н. СМИРНОВ, Н.Г. СЕРЕБРЯКОВА, П.В. АВРАМЕНКО, Н.Н. КАЗАКЕВИЧ, Е.Ю. ЖУШМА	Теоретическое обоснование и выбор способа уравнивания силы тяжести погрузочного оборудования фронтального погрузчика
Ф.И. НАЗАРОВ, Е.В. ЛЕЩЕНКО, И.С. КРУК	Результаты сравнительных исследований лемешного и дискового предплужников в полевых условиях
М.А. ПРИЩЕПОВ, Ю.Н. СЕЛЮК, Е.М. ПРИЩЕПОВА, И.Г. РУТКОВСКИЙ	Математическое моделирование теплообмена порослят-сосунов при комбинированном обогреве
Е.К. ВОЛКОВА, В.Е. ТАРАСЕНКО, К.В. ЩУРИН	Технико-экономическое обоснование показателей эксплуатационной надежности мобильных машин
В.К. КОРНЕЕВА, В.М. КАПЦЕВИЧ, В.В. ОСТРИКОВ	Методы оценки экспериментальных результатов экспресс-тестирования моторных масел, основанные на использовании программного комплекса <i>IMAGEJ</i> . Ч. 2. Цветовые модели и возможности их применения при колориметрических методах
Т.В. ГУСАРОВА	Модели формирования инфраструктуры сбалансированного экономического роста производства мясной продукции
И.А. ВОЙТКО	Тенденции развития государств-членов Евразийского экономического союза в условиях международных экономических санкций и ограничений

№ 2/2025

В.П. ЧЕБОТАРЕВ, Д.Н. БОНДАРЕНКО, А.А. ЗЕНОВ, Д.А. ЯНОВСКИЙ, Г.А. РАДИШЕВСКИЙ, Н.П. ГУРНОВИЧ	Исследование процесса очистки зерновой смеси на плоских решетках с прямоугольными отверстиями
И.Ю. ЧАКА, В.М. ЗБРОДЫГА, В.Э. ОБУХ, А.В. ЯСЮКЕВИЧ	Об использовании высокочастотного тока в терминалах релейной защиты
Е.С. ШМЕЛЕВ, А.П. АХРАМОВИЧ, К.В. ГАРКУША	Модульная инфракрасная система отопления крупногабаритных производственных корпусов

М.А. БОЙКО, А.В. КРУТОВ	Механизм коагуляции загрязнений при электрохимической очистке сточных вод наружной мойки сельскохозяйственной техники
В.Е. ТАРАСЕНКО, О.Ч. РОЛИЧ, А.А. ЖЕШКО	Методы диагностирования зарождающихся эксплуатационных дефектов деталей автотракторных двигателей
В.К. КОРНЕЕВА, В.М. КАПЦЕВИЧ, А.И. ЦЫМБАЛЮК, А.В. МАКАРЕВИЧ	Методы оценки экспериментальных результатов экспресс-тестирования моторных масел, основанные на использовании программного комплекса <i>IMAGEJ</i> . ЧАСТЬ 3. Метод оценки размеров, количества и формы частиц
А.Л. КОСОВА	Развитие логистики АПК в контексте цифровой трансформации национальной экономики Республики Беларусь
О.А. БАЛАБАНОВИЧ	Оценка устойчивого развития коммерческих организаций аграрного бизнеса Республики Беларусь: международные стандарты, национальные ограничения и адаптационные стратегии

№ 3/2025

И.С. КРУК	Особенности моделирования процесса падения капель при внесении рабочих растворов пестицидов полевыми штанговыми опрыскивателями
К.Л. СЕРГЕЕВ, М.М. ДЕЧКО	Повышение эффективности магнитно-абразивной обработки путем рационального сочетания размера масляных капель и объемной концентрации дисперсной фазы смазочно-охлаждающей жидкости
В.П. ЧЕБОТАРЕВ, Г.А. РАДИШЕВСКИЙ, Н.П. ГУРНОВИЧ, Д.А. ЯНОВСКИЙ, А.А. ЗЕНОВ, Д.Н. БОНДАРЕНКО, А.А. ЛАППО	Энергоемкость процесса резания грубых стебельных культур
М.А. ПРИЩЕПОВ, А.С. КОЗОРЕЗ, Е.М. ПРИЩЕПОВА, С.А. ЛИХТАР	Современный электропривод погружных водоснабжающих насосных установок
М.В. ЯНКО	Аэроионная активация продуктивности хлебопекарных дрожжей
Н.В. КИРЕЕНКО	Современные тренды инновационного развития аграрного бизнеса Республики Беларусь
С.И. ГОРАНЕЦ	Развитие АПК Гродненской области в контексте реализации государственной программы «Аграрный бизнес» на 2021-2025 годы

№ 4/2025

Н.М. МАКСИМОВ, Д.А. ГРИГОРЬЕВ	Определение мощности на привод вала воскотопки-центрифуги
Л.М. АКУЛОВИЧ, В.Г. МИСЬКО	Технология защиты от изнашивания поверхностей рабочих органов почвообрабатывающих машин
М.А. БОЙКО, А.В. КРУТОВ, А.П. МИРИЛЕНКО	Обоснование технологических параметров электромагнитной установки очистки сточных вод наружной мойки сельскохозяйственной техники
И.А. ПАВЛОВИЧ	Экспериментальное обоснование применения композиционной смеси для улучшения характеристик заземляющих устройств
В.Е. ТАРАСЕНКО, О.Ч. РОЛИЧ, А.А. ЖЕШКО	Методика формирования теоретико-практической базы результатов анализа динамики спектральных, вейвлетных и статистических образов вибросигналов форсунок
ЛИ ХУНСЯ	Агротуризм как интегрированный вид деятельности и элемент социально-экономической системы Китая
А.Л. КОСОВА	Концепция интегрированной логистики в АПК Республики Беларусь: теоретические и методические аспекты
Е.З. ЛОВКИС	Планирование качества пищевых продуктов при производстве в современных условиях

№ 5/2025

Н.Н. РОМАНЮК, И.С. КРУК, А.Н. ОРДА, В.А. ШКЛЯРЕВИЧ, Н.Л. РАКОВА, А.С. ВОРОБЕЙ	Обоснование параметров ходовых систем колесных тракторов с допустимым уровнем воздействия на почву
Е.В. ТАРАЗЕВИЧ	Рыбохозяйственные показатели двухлетков реципрокных кроссов амурского сазана и карпа белорусской селекции
В.В. АЗАРЕНКО, Е.Л. ЖИЛИЧ, Ю.Н. РОГАЛЬСКАЯ	Экспериментальные исследования устройства для дистанционного определения промеров тела и живой массы крупного рогатого скота черно-пестрой породы
В.К. КОРНЕЕВА, В.М. КАПЦЕВИЧ	Методы оценки экспериментальных результатов экспресс-тестирования моторных масел, основанные на использовании программного комплекса <i>IMAGEJ</i> . Часть 4. Использование плагина <i>EXTENDED PARTICLE ANALYZER</i> для расширенного морфологического анализа частиц износа
Т.В. ГУСАРОВА	Оценка уровня сбалансированного развития организаций АПК Республики Беларусь
А.А. ГОНЧАРОВА	Международная практика организации и стимулирования инновационных процессов и освоения научных разработок инновационного маркетинга

И.А. ВОЙТКО	Сценарии развития сельского хозяйства Республики Беларусь в условиях сближения продовольственных систем Беларуси и России
№ 6/2025	
А.В. ЛЕНСКИЙ, С.В. БОЙКО, А.А. ЖЕШКО, М.Г. НЕМКЕВИЧ	Оценка осаждения рабочего раствора и биологической эффективности инсектицидных обработок посевов кукурузы с помощью агродрона
Е.С. ШМЕЛЕВ, А.П. АХРАМОВИЧ, К.В. ГАРКУША	Управление инфраструктурой модульной системы обогрева крупногабаритных цехов
В.А. КОВАЛЕВ, А.В. КРУТОВ, В.А. ПАШИНСКИЙ	Перспективы применения технологии Интернета вещей в АПК
В.К. КОРНЕЕВА, В.М. КАПЦЕВИЧ	Методы оценки экспериментальных результатов экспресс-тестирования моторных масел, основанные на использовании программного комплекса <i>IMAGEJ</i> . Часть 5. Цифровая обработка хроматограмм моторного масла, полученных методом капельной пробы
ЛЮ СЮЭПИН	Оценка устойчивого развития агротуризма в Республике Беларусь
А.А. ГОЛОВАЧ, А.Э. ШИБЕКО, О.Л. САПУН, М.М. КОРСАК, Н.А. ГОЛОВАЧ, А.А. НОВИК	Современное состояние и оценка эффективности производства и реализации картофеля в сельскохозяйственных организациях системы Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь
Т.В. ГУСАРОВА	Рекомендации по конкурентоустойчивому развитию и инфраструктурному обеспечению производителей мясной продукции Республики Беларусь

Правила для авторов

1. Журнал «Агропанорама» помещает достоверные и обоснованные материалы, которые имеют научное и практическое значение, отличаются актуальностью и новизной, способствуют повышению экономической эффективности агропромышленного производства, носят законченный характер. Статьи публикуются на русском языке.

Приказом ВАК от 4 июля 2005 г. № 101 (в редакции приказа ВАК от 2.02.2011 г. № 26) журнал «Агропанорама» включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по техническим (сельскохозяйственное машиностроение и энергетика, технический сервис в АПК), экономическим (АПК) и сельскохозяйственным (зоотехния) наукам.

2. Объем научной статьи, учитываемой в качестве публикации по теме диссертации, должен составлять, как правило, не менее 0,35 авторского листа (14000 печатных знаков, включая пробелы между словами, знаки препинания, цифры и др.), что соответствует 8 стр. текста, напечатанного через 2 интервала между строками (5,5 стр. в случае печати через 1,5 интервала).

Рукопись статьи, представляемая в редакцию, должна удовлетворять основным требованиям современной компьютерной верстки. К набору текста и формул предъявляется ряд требований:

1) рукопись, подготовленная в электронном виде, должна быть набрана в текстовом редакторе Word версии 6.0 или более поздней. Файл сохраняется в формате «doc»;

2) текст следует сформатировать без переносов и выравнивания правого края текста, для набора использовать один из самых распространенных шрифтов типа Times (например, Times New Roman Cyr, Times ET);

3) знаки препинания (.,!?:;...) не отделяются пробелом от слова, за которым следуют, но после них пробел обязателен. Кавычки и скобки не отделяются пробелом от слова или выражения внутри них. Следует различать дефис«-» и длинное тире «—». Длинное тире набирается в редакторе Word комбинацией клавиш: Ctrl+Shift+«-». От соседних участков текста оно отделяется единичными пробелами. Исключение: длинное тире не отделяется пробелами между цифрами или числами: 1991-1996;

4) при наборе формул необходимо следовать общепринятым правилам:

а) формулы набираются только в редакторе формул Microsoft Equation. Размер шрифта 12. При длине формулы более 8,5 см желательнее продолжение перенести на следующую строчку;

б) буквы латинского алфавита, обозначающие переменные, постоянные, коэффициенты, индексы и т.д., набираются курсивом;

в) элементы, обозначаемые буквами греческого и русского алфавитов, набираются шрифтом прямого начертания;

г) цифры набираются шрифтом прямого начертания;

д) аббревиатуры функций набираются прямо;

е) специальные символы и элементы, обозначаемые буквами греческого алфавита, использованные при наборе формул, вставляются в текст только в редакторе формул Microsoft Equation.

ж) пронумерованные формулы пишутся в отдельной от текста строке, а номер формулы ставится у правого края.

Нумеруются лишь те формулы, на которые имеются ссылки в тексте.

3. Рисунки, графики, диаграммы необходимо выполнять с использованием электронных редакторов и вставлять в файл документа Word. Изображение должно быть четким, толщина линий более 0,5 пт, размер рисунка по ширине: 5,6 см, 11,5 см, 17,5 см и 8,5 см.

4. Цифровой материал должен оформляться в виде таблиц. Каждая таблица должна иметь заголовок и номер (если таблиц несколько). Рекомендуется установить толщину линии не менее 1 пт. В оформлении таблиц и

графиков не следует применять выделение цветом, заливку фона.

Фотографии и рисунки должны быть представлены в электронном виде в отдельных файлах формата *.tif или *.jpg с разрешением 300 dpi.

Научные статьи, публикуемые в изданиях, включенных в перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований, должны включать:

индекс УДК;

название статьи;

фамилию и инициалы, должность, ученую степень и звание автора (авторов) статьи;

аннотацию на русском и английском языках;

ключевые слова на русском и английском языках;

введение;

основную часть, включающую графики и другой иллюстративный материал (при их наличии);

заключение, завершаемое четко сформулированными выводами;

список цитированных источников;

дату поступления статьи в редакцию.

В разделе «Введение» должен быть дан краткий обзор литературы по данной проблеме, указаны не решенные ранее вопросы, сформулирована и обоснована цель работы.

Основная часть статьи должна содержать описание методики, аппаратуры, объектов исследования и подробно освещать содержание исследований, проведенных авторами.

В разделе «Заключение» должны быть в сжатом виде сформулированы основные полученные результаты с указанием их новизны, преимуществ и возможностей применения.

Дополнительно в структуру статьи может быть включен перечень принятых обозначений и сокращений.

5. Литература должна быть представлена общим списком в конце статьи. Библиографические записи располагаются в алфавитном порядке на языке оригинала или в порядке цитирования. Ссылки в тексте обозначаются порядковой цифрой в квадратных скобках. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

6. Статьи из научно-исследовательских или высших учебных заведений направляются вместе с сопроводительным письмом, подписанным директором и приложенной экспертной справкой по установленной форме.

7. Статьи принимаются в электронном виде с распечаткой в одном экземпляре. Распечатанный текст статьи должен быть подписан всеми авторами. В конце статьи необходимо указать полное название учреждения образования, организации, предприятия, ученую степень и ученое звание (если есть), а также полный почтовый адрес и номер телефона (служебный или домашний) каждого автора.

8. Авторы несут ответственность за направление в редакцию статей, опубликованных ранее или принятых к печати другими изданиями.

9. Плата за опубликование научных статей не взимается.

10. Право первоочередного опубликования статей предоставляется лицам, осуществляющим послевузовское обучение (аспирантура, докторантура, соискательство), в год завершения обучения.

Авторские материалы для публикации в журнале «Агропанорама» направляются в редакцию по адресу:

220012, г. Минск, пр-т Независимости, 99, корп. 5, к. 602; 608. БГАТУ

Технология импульсного закалочного охлаждения жидкостью (ТИЗОЖ)

Предназначена для упрочнения сменных деталей рабочих органов сельскохозяйственной техники.

Преимущества ТИЗОЖ: используются конструкционные нелегированные стали (типа 60ПП); высокая износостойкость изделий (ресурс лемехов, долот, дисков - не менее 50 га;).

Разработанная технология внедрена на 13 предприятиях Республики Беларусь и применяется при изготовлении деталей на ОАО «КЗТШ», ПРУП «МЗШ», ДП «Минойтовский РЗ», ОАО «БЭМЗ», ОАО «Дрогиченский ТРЗ», ОАО «Бобруйскагропромаш», ОАО «Оршаагропромаш», КУПП «Берёза РАС», ОАО «Минский РАС», ОАО «Лида РАС», ОАО «Лидсельмаш», ОАО «Бобруйксельмаш», ОАО «Витебский МРЗ».

