



ISSN 2078-7138 (Print)
ISSN 2078-7146 (Online)
DOI: 10.56619/2078-7138-2023-160-6

АГРОПАНОРАМА

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ДЛЯ РАБОТНИКОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

№ 6
декабрь
2023

В номере:

Метод агротехнической оценки механической обработки трав для ускорения влагоотдачи при скашивании косилками, оснащенными бильными устройствами

Эффективность использования комбикормов КР-1 с включением солодовых ростков в кормлении молодняка крупного рогатого скота

Способ снижения сезонных изменений сопротивления заземляющих устройств

Разработка и исследование математических моделей статических и динамических характеристик проточных электродных электронагревателей



С НОВЫМ, 2024 ГОДОМ!

Уважаемые коллеги, друзья!

Приближается Новый год! По сложившейся традиции в эти предпраздничные дни мы говорим о наших достижениях, подводим итоги уходящего года и строим планы на будущее.

В течение года мы плодотворно работали над реализацией принятых программ развития университета, направленных на повышение качества оказываемых образовательных и научных услуг, совершенствование практической подготовки инженерно-технических специалистов для АПК.

Уходящий год был отмечен новыми научными достижениями. Учеными, аспирантами и студентами БГАТУ внедрено в производство и образовательный процесс 55 новых научных разработок, получено 8 патентов Республики Беларусь на изобретения, издано 9 монографий.

Научные исследования в университете проводились по приоритетным направлениям науки в рамках пяти государственных научно-технических программ, заданий Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований, а также прямым договорам с предприятиями и организациями республики.

Успешно развивалось и международное сотрудничество. В 2023 году Белорусский государственный аграрный технический университет активно сотрудничал с образовательными учреждениями и научными организациями Российской Федерации, Китайской Народной Республики, Республики Узбекистан, Республики Казахстан и других государств.

В Институте повышения квалификации и переподготовки кадров АПК БГАТУ повысили свою квалификацию и прошли переподготовку свыше 3 тысяч руководящих работников и специалистов.

Значительных успехов в прошедшем году достигли наши студенты, ими получены многочисленные дипломы и грамоты на международных и республиканских научных конференциях, олимпиадах и конкурсах научных работ студентов. Более 30 студентов университета удостоены стипендий Президента Республики Беларусь, имени Франциска Скорины, Минского обкома профсоюза и Республиканского комитета белорусского профсоюза работников АПК, а также персональных стипендий совета университета БГАТУ.

Уважаемые коллеги! Примите слова искренней благодарности за добросовестный и безупречный труд на благо университета и нашей родной Беларуси.

От всей души поздравляю ученых, преподавателей, аспирантов, студентов и всех работников университета с Новым, 2024 годом и Рождеством!

Желаю всем в Новом году дальнейших творческих успехов в учебе и труде, новых научных достижений, удачи и осуществления всех намеченных планов!

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

***Н.Н. Романюк,
ректор БГАТУ***

АГРОПАНОРАМА 6 (160) декабрь 2023

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. Цындрина – 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, 2023.

Формат издания 60 x 84 1/8.

Подписано в печать с готового оригинала-
макета 22.12.2023 г. Зак. № 734 от 20.12.2023 г.

Дата выхода в свет 29.12.2023 г.

Печать офсетная. Тираж 100 экз.

Статьи рецензируются.

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

ЛП № 023330/316 от 30.10.2020 г.

Выходит один раз в два месяца.

Подписной индекс в каталоге «Белпочта» - 74884.

Стоимость подписки на журнал на 1-е п/г 2024 г.:

для индивидуальных подписчиков - 42,78 руб.;

ведомственная - 44,94 руб.;

Цена журнала в киоске БГАТУ - 12,50 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.А. Шупилов

Метод агротехнической оценки механической обработки трав для
ускорения влагоотдачи при скашивании косилками, оснащенными
бильными устройствами.....2

Технологии производства продукции расте- ниеводства и животноводства. Зоотехния

Т.А. Сергеева, М.В. Книга, О.В. Вишневская,

Е.В. Таразевич

Сравнительная характеристика результатов зимовки годовиков
селекционного зеркального карпа пятого поколения.....8

С.Н. Разумовский, В.Ф. Радчиков

Эффективность использования комбикормов КР-1 с включением
солодовых ростков в кормлении молодняка
крупного рогатого скота.....14

Энергетика. Транспорт

С.М. Барайшук, И.А. Павлович, М.Х. Муродов,

В.В. Богданович

Способ снижения сезонных изменений сопротивления
заземляющих устройств.....19

М.А. Прищепов, И.Г. Рутковский

Разработка и исследование математических моделей статических и
динамических характеристик проточных электродных
электронагревателей.....26

Технический сервис в АПК. Экономика

А.Э. Шибeko, С.Л. Кулагин

Оценка эффективности и проблемы технико-технологической
модернизации молочного скотоводства Республики Беларусь.....32

С.Л. Белявская, А.В. Чирич

Агроэкотуризм в Республике Беларусь как импульс развития
сельских территорий.....41

**Перечень статей, опубликованных в журнале
«Агропанорама» в 2023 году.....46**

МЕТОД АГРОТЕХНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ТРАВ ДЛЯ УСКОРЕНИЯ ВЛАГООТДАЧИ ПРИ СКАШИВАНИИ КОСИЛКАМИ, ОСНАЩЕННЫМИ БИЛЬНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ

А.А. Шупилов,

доцент каф. стандартизации, метрологии и инженерной графики БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

В статье представлены результаты исследований по обоснованию метода агротехнической оценки механической обработки трав для ускорения влагоотдачи при скашивании косилками, оснащенными бильными устройствами. Определены отличительные признаки механического повреждения стеблей при скашивании косилкой, оснащенной данным устройством. Предложен метод определения функционального показателя качества выполнения процесса механической обработки травы устройствами бильного типа – полнота обработки.

Ключевые слова: косилка, стебель, барабан, плющение, угол, деформация, планка.

The article presents the results of research to substantiate the method of agrotechnical assessment of mechanical processing of grasses to accelerate moisture transfer when mowing with mowers equipped with beating devices. The identifying particulars of mechanical damage to stems when mowing with mowers equipped with this device have been determined. The method for defining a functional indicator of the quality of grass processing with beater-type devices - completeness of processing is offered.

Key words: mower, stem, drum, squashing, angle, deformation, bar.

Введение

Для интенсификации полевой сушки скашиваемых трав на косилках применяются механические устройства с различным типом рабочих органов. Косилки могут оснащаться рабочими органами для обработки травы в виде пары обрезиненных ребристых плющильных вальцов или барабанно-дековым устройством с бильными планчатыми рабочими органами.

Результаты исследований по обоснованию конструкций рабочих органов для механической обработки трав с целью ускорения их сушки приведены в трудах Особова В.И., Пиуновского И.И. и других ученых [1-5].

С учетом появления новых конструкций рабочих органов требуется внесение уточнений и дополнений в агротехническую оценку их работы и методы испытаний.

Для агротехнической оценки работы косилок-плющилок в 1990 г. разработан ГОСТ 28722-90 «Машины сельскохозяйственные и лесные. Косилки-плющилки. Методы испытаний», в котором указан метод оценки качества выполнения технологической операции плющения трав вальцовым плющильным аппаратом. В стандарте были установлены показатели функционального назначения косилок-плющилок, одним из которых являлась полнота плющения стеблей скошенной травы.

В последующем конструкции косилок-плющилок и методы их испытаний получили дальнейшее развитие. Указанный ГОСТ, действовавший

до 2018 г., был пересмотрен и заменен на аналогичный, обновленный, в котором метод определения показателя функционального назначения (полнота плющения) оставлен в предыдущей редакции, без внесения изменений [6].

В стандарте агротехническая оценка устройств для механической обработки трав определяется по показателю функционального назначения – полнота плющения стеблей в трех усредненных пробах (массой, не менее 1 кг каждая). Все растения по признаку механического повреждения стеблей делятся на три группы: полностью плющенные, плющенные на 1/2 длины стебля и неплющенные. Плющенными считаются стебли, имеющие механические повреждения в виде сплюснутых участков, продольных трещин, изломов, перегибов, с повреждением кутикулы (водонепроницаемой оболочки). Количество перегибов на полностью плющенном стебле должно обеспечивать выполнение методического требования стандарта – повреждение каждого междоузлия по длине растения [6].

В настоящее время на косилках-плющилках для механической обработки травы с целью ускорения ее влагоотдачи при сушке на сено широко применяются устройства, обрабатывающие скошенную траву вращающимся барабаном с радиально расположенными на нем бильными рабочими органами [7, 8]. Данный тип устройств фактически имеет другой принцип воздействия на стебли растений по сравнению с ранее известным вальцовым плющильным аппаратом. Де-

формация стеблей методом их сплющивания и перегибов, как при их пропуске между парой вращающихся ребристых вальцов, уже не является определяющей и основной для агротехнической оценки эффективности бильных барабанных устройств. Очевидно, что повреждения, наносимые на стебли растений в результате динамического воздействия радиально расположенными на барабане бильными рабочими органами, имеют другой характер, а, следовательно, и метод определения полноты их механической обработки данными устройствами, приведенный в стандарте [6], требует корректировки.

При испытании косилок-плющилок отсутствие повреждений в виде перегибов стебля по длине растений, исходя из методики определения полноты плющения, указанной в стандарте [6], связывают с неэффективностью работы устройства для их механической обработки. Чтобы получить требуемую полноту плющения, бильное устройство настраивают на более жесткий режим обработки травы – уменьшают зазор между рабочими органами барабана и кожухом (декой), переходят на более высокую частоту вращения барабана. Как следствие, добиваются повышения значения показателя – полнота плющения, но с потерями листьев и соцветий от отбивания, особенно на бобовых культурах, превышающими допустимые.

Как результат, у определенной части практиков и исследователей сложилось мнение, что косилки с бильным устройством можно применять только для злаковых культур, так как на обработке бобовых они приводят к значительным потерям наиболее ценной в питательном отношении части растений – листьев и соцветий [7, 8].

Целью настоящей работы является обоснование метода агротехнической оценки механической обработки трав для ускорения влагоотдачи при скашивании косилками, оснащенными бильными устройствами.

Основная часть

При постановке цели данных исследований исходили из гипотезы, что тип и конструктивные особенности устройства рабочих органов косилки обуславливают наличие на стеблях характерных для данных рабочих органов признаков механического повреждения.

Планки рабочих органов бильного барабана, расположенного горизонтально над режущим аппаратом, в конструкциях ротационных косилок, как правило, устанавливаются с отклонением от радиального положения. В проведенных исследованиях обоснован угол данного отклонения – 15° [4]. Две планки, установленные в одном кронштейне барабана, образуют рабочий орган V – образной формы, с углом раствора 30° . Это позволяет упростить конструкцию бильного барабана и производить обработку поступающей в него травы наклонно-косыми ударами одним рабочим органом в двух плоскостях.

При обосновании конструкции рабочих органов (для эффективного их воздействия на стебли) принимали во внимание выполнение двух основных условий:

– воздействие рабочих органов на скошенную массу должно вызывать повреждения покровных тканей по длине стебля, в несколько раз превышающие его диаметр;

– для предотвращения измельчения растения воздействие рабочего органа на стебель следует производить в плоскости, имеющей наибольшую энергоемкость для его перебивания.

Выполнение первого условия обеспечивает эффективность обработки массы, второго – минимум потерь от измельчения.

Характер получаемых стеблем повреждений зависит от вида удара рабочего органа по стеблю. Так, например, поперечный удар по стеблю не удовлетворяет первому условию: воздействие рабочего органа на движущийся стебель в поперечной плоскости приводит лишь к его перегибу, образуя минимально возможную площадь повреждения покровных тканей. При этом существует опасность перебивания стеблей.

Повреждение стеблей при помощи расщепляющих ударов также не отвечает вышеуказанным условиям. Объясняется это тем, что расщепление цельного стебля, имеющего большую длину и малый диаметр, торцевым ударом невозможно без его измельчения при острой рабочей кромке (лезвии) и трудновыполнимо при тупой рабочей кромке (планке) рабочего органа.

При определении плоскости воздействия рабочего органа на стебель в процессе обработки трав исходили из теории энергоемкости процесса резания растений [9-11]. Определив из теории резания плоскость воздействия на стебель, где срез наиболее энергоемкий, и «заменяя» нож планкой рабочего органа бильного устройства, исключаяющей этот срез, можно теоретически обосновать принцип деформации стебля – повреждения покровных тканей бильными рабочими органами. Воздействуя планкой в плоскости наиболее энергоемкого разделения растения на части, обработку трав бильным устройством можно производить эффективно, без значительных потерь от измельчения стеблей.

В исследованиях профессора Л.П. Краморенко [9] отмечается, что резание под углом 45° к оси стебля значительно снижает усилие на работу по сравнению с резанием поперек стебля. В статье С.Д. Трофимова [10] указывается, что с увеличением угла между плоскостью среза и торцевой плоскостью стебля, усилие и работа снижаются по закону прямой линии. Однако, поскольку в его опытах угол среза не превышал 50° , то вопрос о полном исследовании процесса резания стебля не рассматривался.

Исследуя возможные варианты взаимного положения ножа и стебля в процессе резания, Н.В. Тудель и В.М. Верхуша в своей работе [11] сделали вывод о том, что важнейшими факторами, влияющими на резание стебля, являются углы расположения плоскости среза и скорости ножа относительно торцевой плоскости стебля. Определим и проанализируем эти углы.

На рис. 1 представлена схема момента удара планки рабочего органа бильного устройства по стеблю в системе координат XYZ и указаны углы, характеризующие положение планки рабочего органа от-

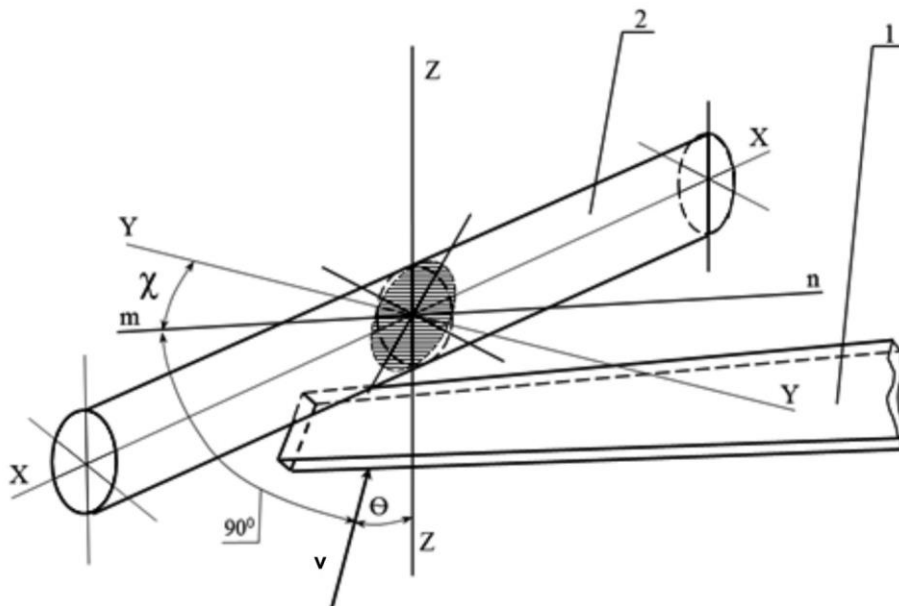


Рисунок 1. Положение планки рабочего органа бильного барабана при воздействии на стебель растения:

1 – планка рабочего органа; 2 – стебель растения; v – вектор скорости планки рабочего органа; χ – угол наклона планки относительно торцевой поверхности стебля в плоскости XOY; θ – угол наклона планки относительно торцевой поверхности стебля плоскости XOZ; m – линия нормальной кромки планки

носителю стебля. Положение планки должно обеспечивать механическое отделение эпидермиса (покровных тканей) от субэпидермальной ткани по длине стебля без нарушения цельности растения.

Плоскость действия планки рабочего органа на стебель пересекает продольную плоскость XOY по линии mn , перпендикулярной к вектору скорости v . Косой срез на передней вершине планки позволяет производить деформацию стеблей при ударе со скольжением (рис. 1).

Удар планки по стеблю характеризуется двумя углами: углом χ наклона планки относительно торцевой поверхности стебля в плоскости XOY и углом θ наклона планки относительно торцевой поверхности стебля плоскости XOZ. При помощи этих углов определяются все виды ударов планки по стеблю. Исходя из числового значения данных углов, определяется вид ударов планки по стеблю (рис. 1), которые могут быть поперечными ($\chi = 0^\circ$ и $\theta = 0^\circ$); косыми ($\theta = 0^\circ$ и $0^\circ < \chi < 90^\circ$); наклонными ($\chi = 0^\circ$ и $0^\circ < \theta < 90^\circ$); наклонно-косыми ($0^\circ < \chi < 90^\circ$ и $0^\circ < \theta < 90^\circ$).

Расщепляющие продольные углы: торцевой ($\theta = 90^\circ$ и $\chi = 90^\circ$); продольный ($\chi = 90^\circ$, от угла θ не зависит); торцово-продольный ($\theta = 90^\circ$ и $0^\circ < \chi < 90^\circ$).

Косой, наклонный, торцово-продольный удары планки имеют один переменный угол (χ или θ) и являются переходными. Ее наклонно-косой удар характеризуется изменением обоих углов (χ и θ) на всем интервале их значений – от 0° до 90° , кроме предельных, что дает основание считать их наиболее общим случаем при воздействии планки на стебель. Наклонно-косой удар сочетает в себе свойства всех остальных

видов ударов и может рассматриваться как переходный от косого к торцово-продольному путем изменения угла θ .

В источнике [11] приведена формула для определения полной работы по перерезанию стебля в общем случае при наклонно-косом срезе, по которой построена пространственная диаграмма работы при этом срезе. По данной диаграмме определены плоскости под углами $\chi \geq 75^\circ$ и $\theta \geq 60^\circ$ наиболее энергоемкого разделения стебля на части срезом. Сделав допущение, что планка рабочего органа для обработки травы представляет собой нож с «тупым» лезвием, можно предположить, что срез в данных плоскостях не происходит, т.к. при ударе планкой повреждает-

ся только покровная ткань стебля без его перебивания.

При ударе планкой бильного рабочего органа под углами $\chi \geq 75^\circ$ и $\theta \geq 60^\circ$ возможна лишь деформация стеблей путем смятия и разрушения на большой длине покровных тканей. Объясняется это тем, что необходимые энергетические затраты на перебивание стеблей при воздействии планок с определенным усилием в плоскостях с указанными углами значительно превышают энергию, необходимую для возможного их перебивания под меньшими углами.

Учитывая, что стебли, поступающие в бильное устройство, в основной массе ориентированы в одной плоскости – вдоль прохода косилки, можно сделать заключение о возможности обработки скошенных растений наклонно-косым ударом.

Технологический процесс обработки травы бильным барабанно-дековым устройством осуществляется следующим образом.

Травостой скашивается ротационным режущим аппаратом и подается на рабочие органы вращающегося барабана. Рабочие органы барабана V-образной формы, движущиеся со скоростью, превышающей скорость подачи растений, захватывают и прочесывают поток скошенной массы травы, нанося механические повреждения стеблям. При захвате растений, поступающих в барабан преимущественно прикорневой частью, нижняя часть стебля будет получать большие механические повреждения от воздействия нескольких рабочих органов. В результате взаимодействия с планками рабочих органов растениям передается количество энергии для ускоренного движения в зазоре между барабаном и декой. При движе-

нии по деке слой травы подвергается действию нормальной силы сжатия, сил трения, возникающих в зоне контакта между планками рабочих органов и травой, а также между порцией травы и поверхностью деки. В результате динамического воздействия указанных сил стебли растений получают механические повреждения покровных тканей.

При визуальном осмотре взятых проб травы были определены характерные признаки механических повреждений стеблей клевера красного, подвергнутого обработке бильным барабанно-дековым устройством, которые подтвердили теоретические предположения (рис. 2-7).

При осмотре растений в пробе была выявлена более интенсивная механическая обработка прикорневой части стеблей (рис. 2). Указанные повреждения являются следствием того, что растения, радиально поступающие в габарит вращающегося барабана и первоначально имеющие скорость значительно меньшую, чем скорость его рабочих органов, при захвате указанной части стебля подвергались неоднократному воздействию рабочих органов.

Другой отличительной особенностью обработки растений бильным барабаном явилось повреждение покровных тканей (эпидермиса) по длине стебля, которые в несколько раз превышали диаметр стебля (рис. 3). Повреждения покровных тканей по их происхождению можно классифицировать как счесы, полученные в результате наклонно-косого (скользящего) удара и прочесывания потока травы планками рабочих органов барабана. Нитевидное снятие по-

кровных тканей (кутикулы), воскового налета происходило в результате изгибания растений и действия сил трения в потоке скошенной массы при протаскивании ее в зазоре и взаимодействия движущейся скошенной массы с рабочей поверхностью деки. Нитевидный счес покровных тканей и воскового налета на стеблях после первого дня сушки проявлялся в виде раскрывшихся в данных местах продольных трещин (рис. 4, 5). Часть растений имела также отдельные перегибы стеблей, с образованием трещин в этих местах (рис. 6).

Выявленные механические повреждения стеблей растений после обработки бильным барабанно-дековым устройством (для определенной части растений) соответствовали указанным в межгосударственном стандарте [1]. Вместе с тем значительная часть растений имела другие характерные признаки, присущие только для данного приема обработки травы. Это интенсивная обработка наиболее длительно сохнувшей прикорневой части стебля (рис. 2), повреждения в виде счеса покровных тканей по длине, в несколько раз превышающие диаметр стебля (рис. 3).

Данные повреждения скашиваемых растений отличаются от производимых плющильными вальцами, для которых более характерно наличие нескольких перегибов на стеблях по длине в результате прохода потока травы между ребристыми поверхностями вращающихся вальцов (рис. 6). Для отнесения растений к группе полностью плющенных, стандартом оговорено обязательное наличие повреждений в виде перегибов и изломов стеблей в



Рисунок 2. Вид прикорневой части стебля после обработки



Рисунок 3. Счес покровных тканей со стебля при ударе планкой рабочего органа



Рисунок 4. Вид участка стебля после сушки в месте счеса покровных тканей

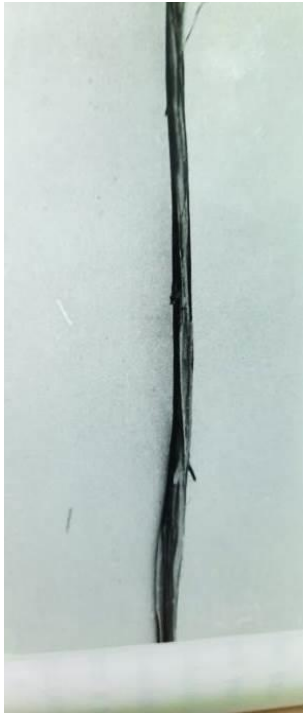


Рисунок 5. Вид стебля после сушки с трещиной по длине в месте нитевидного счеса покровных тканей



Рисунок 6. Вид перегиба стебля с трещиной



Рисунок 7. Вид стебля с перегибами после плющения ребристыми вальцами

каждом междоузлии [6]. В стандарте приведены методические требования по определению полноты плющения стеблей при агротехнической оценке косилок с плюшилками с вальцами. Тип устройств для механической обработки травы с целью ускорения ее влагоотдачи при сушке на сено в виде вращающегося барабана с закрепленными на нем бильными рабочими органами для механического воздействия на стебли растений имеет другой принцип воздействия на стебли растений. Часть имеющихся повреждений стеблей в виде перегибов, как при динамическом воздействии ребристой поверхностью при их пропуске через зазор плюшилки с вальцами, уже не являются определяющими и основными для бильных барабанных устройств.

На основании проведенных исследований и анализа полученных результатов предлагается:

- считать полностью обработанными бильным устройством косилки растения, имеющие основные признаки механической обработки в виде растрескавшейся прикорневой части стебля от неоднократного воздействия планок рабочих органов (рис. 2), а также повреждений в нижней его половине в виде счесов покровных тканей на длине, в несколько раз превышающих диаметр стебля (рис. 3). Данные повреждения у части растений могут дополняться отдельными перегибами стеблей;

- считать частично обработанными (на половину) растения с одним из указанных признаков механической обработки с повреждением покровных тканей стебля;

- не обработанными считать растения, не имеющие видимых механических повреждений от воздействия рабочих органов.

Числовое значение полноты обработки скошенной травы бильным устройством предлагается определять по формуле:

$$\lambda = \frac{M' + 0,5M''}{G} \cdot 100,$$

где λ – полнота обработки скошенной травы, %;
 M' – масса стеблей в пробе, обработанных полностью, кг;
 M'' – масса стеблей в пробе, обработанных частично, кг;
 G – масса пробы, кг.

В конструкциях современных косилок-плюшилок применяются два существенно отличающихся технологических способа ускорения влагоотдачи растений при сушке – плющением ребристыми вальцами и обработкой стеблей бильным барабаном. В этой связи предлагается уточнение терминологии для агротехнической оценки эффективности их применения. Термин «полнота плющения» целесообразно заменить термином «полнота обработки», являющимся более общим для двух указанных способов механической обработки скошенной травы для ускорения влагоотдачи. Применение термина «плющенные на 1/2 длины стебля» для бильных устройств является некорректным, так как для исключения потерь от верхушечной части растения целесообразно обрабаты-

вать не весь стебель растения, а только нижнюю его половину, наиболее длительно сохнущую.

Заключение

Опыт применения ротационных косилок с механической обработкой трав для ускорения сушки бильными устройствами свидетельствует о необходимости корректировки метода агротехнической оценки данной обработки.

В результате проведения исследований определены отличительные признаки механического повреждения стеблей при скашивании косилкой, оснащенной бильным устройством, для ускорения влагоотдачи трав.

Предложен метод определения полноты обработки – функционального показателя качества процесса обработки травы устройствами бильного типа.

Полученные результаты исследований позволяют проводить агротехническую оценку эффективности применения механической обработки трав косилками, оснащенными бильными устройствами, при их испытании, а также осуществлять контроль над технологическим процессом и выполнением требований по настройке рабочих органов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Буклагин, Д.С. Тенденции развития кормоуборочной техники за рубежом / Д.С. Буклагин // Техника и оборудование для села – 2000. – № 5. – С. 5-7.
2. Особов, В.И. Механическая технология кормов / В.И. Особов. – М.: Колос, 2009. – 344 с.
3. Машины для уборки трав и силосных культур (теория и расчет рабочих органов): монография / И.И.

Пиуновский, В.Р. Петровец, Н.И. Дудко. – Горки: БГСХА, 2016. – С. 203-323.

4. Шупилов, А.А. Косилки с плющильными устройствами бильного типа для интенсификации сушки трав: монография / А.А. Шупилов. – Минск: БГАТУ, 2007. – С. 4-54.

5. Пиуновский, И.И. Научные основы интенсификации механизированных процессов заготовки кормов из трав / И.И. Пиуновский // Весці Акадэміі аграрных навук Рэспублікі Беларусь. – 1998. – № 4. – С. 90-94.

6. Техника сельскохозяйственная. Косилки и косилки-плющилки. Методы испытаний: ГОСТ 28722. – 2018. – Введен 01.07.2020.

7. Результаты исследований устройств для плющения трав / И.М. Лабодский [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2009. – Вып. 43. – С. 15-20.

8. Механизация полевой сушки трав: пути совершенствования. П.П. Казакевич [и др.] // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2018. – Т. 56. – № 4. – С. 481-491.

9. Краморенко, Л.П. Сопротивление растений перерезанию: теория, конструкция и производство сельскохозяйственных машин. – Л.: Сельхозиздат, 1936. – Т. 2. – С. 14-27.

10. Трофимов, С.Д. Исследование косога среза толстостебельных растений / С.Д. Трофимов // Сельхозмашины. – 1957. – № 5. – С. 27-28.

11. Тудель, Н.В. Исследование энергоемкости процесса резания толстостебельных растений / Н.В. Тудель, В.М. Верхуша // Тракторы и сельхозмашины. – 1967. – № 1. – С. 25.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 09.11.2023

“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).

Журнал выходит один раз в два месяца, распространяется по подписке и в розницу в киоске БГАТУ. Подписной индекс в каталоге Республики Беларусь: для индивидуальных подписчиков - 74884, предприятий и организаций - 748842.

Стоимость подписки на 1-е полугодие 2024 года: для индивидуальных подписчиков - 42,78 руб., ведомственная подписка - 44,94 руб.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЗИМОВКИ ГОДОВИКОВ СЕЛЕКЦИОННОГО ЗЕРКАЛЬНОГО КАРПА ПЯТОГО ПОКОЛЕНИЯ

Т.А. Сергеева,

*зав. лабораторией селекции и племенной работы РУП «Институт рыбного хозяйства»
РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству»*

М.В. Книга,

*вед. науч. сотр. лаборатории селекции и племенной работы РУП «Институт рыбного хозяйства»
РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству», канд. с.-х. наук*

О.В. Вишневская,

*ст. науч. сотр. лаборатории селекции и племенной работы РУП «Институт рыбного хозяйства»
РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству», канд. с.-х. наук*

Е.В. Таразевич,

*профессор каф. технологий и механизации животноводства и переработки сельскохозяйственной
продукции БГАТУ, докт. с.-х. наук, профессор*

В статье представлены результаты сравнения рыбоводных показателей зимовки годовиков (средняя масса тела, потеря массы тела, выживаемость) двух линий селекционного зеркального карпа пятого поколения, полученных на протяжении четырех лет исследований. Результаты проведенных исследований показали, что выживаемость за зимний период двух генераций первой линии селекционного зеркального карпа выше, чем у коллекционных пород зарубежной селекции, а средняя величина потери массы тела у первой линии селекционного карпа ниже средних показателей коллекционных линий разного происхождения.

Ключевые слова: карп, селекция, порода, годовик, зимовка, потеря массы тела, выживаемость.

The article presents the results of fish breeding indicators comparison of wintering performance of one-year olds (average weight, weight loss, survival rate) of two lines of fifth-generation breeding mirror carp obtained during four years of research. The results of the studies showed that the winter survival rate of the first line two generations of the selective mirror carp is higher than that of the collectible breeds of foreign selection, and the average value of weight loss in the first line of the selective carp is lower than the average values of the collectible lines of different origin.

Key words: carp, breeding, breed, one-year olds, wintering performance, weight loss, survival rate.

Введение

Производство рыбы в Республике Беларусь (до 90,7 %) осуществляется путем ее выращивания в прудовых хозяйствах различных форм собственности [1]. Главным объектом разведения служит карп, который в общем объеме составляет 80-85 %. Основным направлением дальнейшего развития карповодства и всего рыбоводства в целом является создание высокопродуктивных пород карпа с широким диапазоном специализаций и адаптаций к различным условиям выращивания.

Основные исследования ученых-селекционеров республики – Таразевич Е.В., Книги М.В., Сергеевой Т.А., Вашкевич Л.М. при создании новых пород и кроссов карпа направлены на повышение темпа роста сеголетков и товарного карпа, обладающих жизне-

стойкостью, улучшенными потребительскими свойствами, малочешуйностью, высокоспинностью, упитанностью [2-4].

Созданные породы карпа белорусской селекции (лахвинский, изобелинский, тремлянский) имеют значительные рыбохозяйственные преимущества по сравнению с завезенными и выращенными в условиях Беларуси породами зарубежной селекции (немецкой, югославской, сарбоанский, фресинет). Это выражается в повышенной средней массе тела, выживаемости сеголетков (15-20 %) и повышенной резистентности. Коллекционные породы зарубежной селекции характеризуются улучшенными фенотипическими признаками: широко- и высокоспинностью, относительно небольшой головой, а также большим выходом тушки – до 5-7 %.

Сравнительный анализ создаваемых пород по рыбохозяйственным признакам и пищевой ценности

постоянно проводится украинскими и российскими учеными – Бех В.В., Томиленко В.Г., Артамоновой Т.И., Богерук А.К. [5-8]. Поэтому создание белорусской зеркальной породы карпа, которая объединяла бы лучшие качества карпов белорусской и европейской селекции, является весьма перспективным направлением селекционных работ.

Повышенной конкурентоспособностью в настоящее время пользуются зеркальные карпы с высокоспинным экстерьером. Однако такие формы, как правило, характеризуются более низкой выживаемостью, чем чешуйчатые, а также пониженной устойчивостью к заболеваниям [9]. В соответствии с современными требованиями, предъявляемыми к продукции карповодства, перед селекционерами стоит задача, создать породу карпа с небольшим количеством чешуи на поверхности тела, характеризующуюся улучшенными показателями телосложения. Предполагается, что в создаваемой породе зеркального карпа будут объединены лучшие качества карпов белорусской селекции (высокая приспособленность к условиям выращивания и содержания в зимний период, резистентность к воспалению плавательного пузыря) и европейских пород (малочешуйность и высокоспинность, более высокий выход съедобной части).

В системе оценки рыбоводно-биологических качеств пород карпа важными являются показатели результатов зимовки, особенно годовиков. То есть, при комплексной оценке селекционной ценности того или иного кросса или породы, показатели их зимостойкости являются важными критериями [10, 11]. В настоящее время селекционные работы в Республике Беларусь направлены на создание высокопродуктивной зеркальной породы карпа, обладающей улучшенным фенотипом и не уступающей чешуйчатым породам по рыбохозяйственным показателям.

Целью данной работы является изучение зимостойкости сеголетков – годовиков пятого поколения селекционного карпа «Белорусский зеркальный», коллекционных пород и линий разной породной принадлежности.

Материалы и методы

Изучение рыбохозяйственных показателей годовиков пятого поколения селекционного карпа «Белорусский зеркальный», коллекционных пород и линий разной породной принадлежности проводилось на базе селекционно-племенного участка «Изобелино» РУП «Институт рыбного хозяйства». Сеголетков разного происхождения после серийного мечения размещали на зимовку в один зимовал. Таким образом, все экспериментальные группы и чистопородные формы карпа находились под одинаковым влиянием внешней среды [12]. Следовательно, условия для всех опытных групп в каждом из вариантов были одинаковыми. Это обстоятельство позволило сравнить результаты зимовки различных групп по основным рыбохозяйственным показателям.

Зимние сезоны характеризовались сравнительно высокими температурами воды в осенне-зимний пе-

риод и поздним ледоставом на зимовальных прудах. Данные факторы провоцировали «волнение» рыбы, что отрицательно сказалось на сохранности массы тела и выживаемости годовиков. Важнейшим рыбохозяйственным показателем зимовки является потеря массы тела (похудание), которая определяется как разница между массой тела при посадке на зимовку и массой тела при облове зимовала. Изменение массы тела годовиков выражается, как правило, в процентном отношении к массе тела сеголетков. Также важным рыбохозяйственным показателем является выживаемость рыбопосадочного материала в зимний период. По указанным признакам и проведена оценка двух генераций двух селекционных линий пятого поколения, рыбоводные показатели которых сравнивали с чистопородными зеркальными линиями и средними показателями коллекционных пород белорусской и зарубежной селекции. Процесс зимовки рыбопосадочного материала является одним из ответственных моментов в технологии выращивания сеголетков и производства товарного карпа. На выживаемость рыбы в зимовальных прудах влияют абиотические факторы, особенно содержание растворенного в воде кислорода, которого должно быть не менее 3,0 мг на один литр воды. Кроме факторов внешней среды, на результаты зимовки оказывает влияние и физиологическая готовность рыбы переживать неблагоприятные условия. Немаловажным является и генетическое происхождение зимующей рыбы [12].

Полученные материалы обработаны по общепринятым методикам [13].

Основная часть

Селекционная работа по созданию новой белорусской зеркальной породы карпа в настоящее время находится на этапе перехода к стабилизирующему отбору. Пятое поколение селекционного зеркального карпа включает по две генерации двух линий селекционного зеркального карпа. В одном зимовальном пруду вместе с опытными селекционными группами проводили зимовку сеголетки коллекционных пород и линий разной породной принадлежности. Это позволило сравнивать рыбохозяйственные показатели разных по происхождению групп, выращенных и зимовавших одновременно.

Судя по рыбохозяйственным показателям годовиков первой генерации, первой линии пятого поколения селекционного зеркального белорусского карпа, зимовка в целом прошла удовлетворительно (табл. 1). Средняя масса посаженных на зимовку сеголетков селекционного зеркального карпа составила – 30,4 г; выловленных после зимовки годовиков – 29,5 г. Потеря массы тела была небольшой и составила для селекционного зеркального карпа – 3,0 %. При сравнении с зеркальным карпом коллекционных линий отмечено значительное преимущество по уровню потери массы тела за зимний период (3,0 % против 22,4 % у немецкого карпа и 20,5 % у зеркальной отводки породы карпа «Изобелинский»). Наблюдалось уменьшение потери массы тела у селекционного кар-

Таблица 1. Рыбохозяйственные показатели годовиков первой линии пятого поколения селекционного зеркального карпа

Породная принадлежность	Средняя масса, г		Потеря массы тела, %	Выход, %
	посажено	выловлено		
Зеркальный карп F₅ I генерация, 1-я линия	30,4	29,5	3,0	81,6
Немецкий	70,9	55,0	22,4	72,2
Три прим (изобелинский карп)	33,2	26,4	20,5	76,5
\bar{X} Линии белорусской селекции F ₉₋₁₀	47,4	44,2	6,7	86,0
\bar{X} Коллекционные зарубежные породы F ₅	18,8	17,6	6,4	65,1
Зеркальный карп, II-я генерация, 1-я линия, F₅	20,1	18,7	7,5	40,1
Зеркальные аналоги: три прим (изобелинский карп)	20,4	18,0	11,8	39,4
Сарбоянский	19,4	12,2	20,2	20,2
\bar{X} Линии белорусской селекции F ₉₋₁₀	30,3	27,2	12,2	49,3
\bar{X} Коллекционные зарубежные породы F ₅	22,1	19,4	12,2	20,2
\bar{X} Зеркальный карп, 1-я линия	24,5	24,8	5,2	60,8
\bar{X} Линии белорусской селекции	38,8	35,7	18,9	67,6
\bar{X} Коллекционные зарубежные породы F ₅	19,6	17,8	9,1	52,2

па по сравнению со средними показателями коллекционного материала разного происхождения (3,0 против 6,7 и 6,4 г). Средняя выживаемость селекционных зеркальных годовиков первой линии была выше, чем величина, предусмотренная нормативными требованиями (70,0 %), и составила 81,6 %. Следует отметить, что годовики коллекционных пород, зимовавших совместно с селекционным материалом (I генерация, 1-я линия), также характеризовались высокой средней выживаемостью годовиков (86,0 % – коллекционные линии белорусской селекции; 65,1 % – коллекционные линии зарубежной селекции). При сравнении с зеркальными аналогами (отводка карпа «Изобелинский» и немецкий карп) отмечено некоторое преимущество селекционного зеркального карпа, особенно по сравнению с немецким карпом (коллекционная линия зарубежной селекции).

То есть, годовики первой генерации, первой линии селекционного зеркального карпа характеризовались низкими потерями массы тела в зимний период и сверхнормативной выживаемостью, величина которой лишь незначительно уступала среднему уровню этого показателя у коллекционных линий белорусской селекции, и была выше, чем у коллекционных пород зарубежной селекции (табл. 1).

В целом, итоги зимовки годовиков второй генерации, первой линии оказались ниже, чем первой генерации. Средняя масса годовиков второй генерации, первой линии пятого поколения селекционного зеркального карпа оказалась ниже, чем в первой генерации (18,7 г). Однако выше, чем у зеркальных аналогов из коллекционного стада, зимовавших совместно, особенно у годовиков сарбоянского карпа (12,2 г). Отклонение от отводки изобелинского карпа три прим (белорусская селекция) незначительное (18,7 г против 18,0 г). Средняя масса годовиков этой группы оказалась ниже, чем средняя масса годовиков коллекционных линий белорусской селекции, но выше, чем у коллекционных пород зарубежной селекции (35,7 г и 17,8 г соответственно). Годовики селекционного зеркального карпа второй генерации, первой линии

похудели за зимний период значительно меньше, чем чистопородные группы, выбранные для сравнения (7,5 % против 11,8 и 20,2 %). Потеря массы тела у селекционного зеркального карпа оказалась также ниже, чем средние показатели коллекционных линий белорусской и зарубежной селекции (12,2 %). Выживаемость годовиков второй генерации, первой линии пятого поколения селекционного зеркального карпа незначительно превышала отводку три прим карпа «Изобелинский» и характеризовалась весьма существенным преимуществом по сравнению с зимовавшим совместно карпом породы «Сарбоянский» (40,1 % против 39,4 и 20,3 %). При сравнении со средними показателями коллекционных линий зарубежной селекции отмечено значительное преимущество селекционного материала (40,0 % против 20,2 %) и некоторое снижение этого показателя, по сравнению с коллекционными линиями белорусской селекции (49,3 %).

Средние величины массы тела и выживаемость за зимний период двух генераций первой линии селекционного зеркального карпа оказались выше, чем у коллекционных пород зарубежной селекции (24,8 г и 60,8 % против 17,2 г и 52,2 %), но несколько ниже, чем средние показатели коллекционных линий белорусской селекции (35,7 г и 67,6 %). Средняя величина потери массы тела у первой линии селекционного карпа была ниже средних показателей коллекционных линий разного происхождения (5,2 % против 18,9 и 9,1 %).

Средняя масса годовиков первой генерации, второй линии белорусского зеркального карпа составляла 32,1 г в среднем, что выше, чем у зеркальных аналогов, но ниже средних показателей коллекционных пород. (табл. 2). В этой селекционной группе средняя масса годовиков снизилась на 11,1 % по сравнению с сеголетками, что значительно выше, чем у немецкого карпа, но ниже, чем у отводки изобелинского карпа (смесь зеркальная). Средняя потеря массы тела коллекционных пород белорусской и зарубежной селекции оказалась значительно выше, чем у селекционных групп, зимовавших совместно. Выход селекционного зеркального карпа первой генерации, второй

Таблица 2. Рыбохозяйственные показатели годовиков второй линии пятого поколения селекционного зеркального карпа

Породная принадлежность	Средняя масса, г		Потеря массы тела, %	Выход, %
	посажено	выловлено		
Зеркальный карп I генерация, 2-я линия F₅	36,1	32,1	11,1	46,4
Немецкий	22,3	21,4	4,0	63,0
смесь зеркальная (отводка изобелинского карпа)	28,3	23,5	17,0	82,5
Коллекционные зарубежные породы F ₅	48,4	38,5	20,4	85,5
Линии белорусской селекции F ₉₋₁₀	53,1	41,6	21,7	71,1
Селекционный зеркальный карп II генерация, 2-я линия F₅	42,1	37,2	11,6	48,8
Три прим (карп Изобелинский)	20,4	18,0	11,8	39,4
Черепетский	12,2	11,3	7,4	68,8
Линии белорусской селекции F ₉₋₁₀	28,8	24,7	14,2	58,0
Коллекционные зарубежные породы F ₅	31,1	28,6	8,0	77,3
\bar{X} Зеркальный карп, 1-я линия	37,1	36,6	7,8	47,6
\bar{X} Линии белорусской селекции	38,6	31,6	17,6	81,4
\bar{X} Коллекционные зарубежные породы F ₅	43,1	35,1	14,8	55,3

линии из зимовки оказался значительно ниже, чем средний уровень данного показателя у чистопородных карпов разного происхождения.

Средняя масса годовиков второй генерации, второй линии селекционного зеркального карпа составила 37,2 г и оказалась значительно выше, чем у зеркальных аналогов (18,0 и 11,3 г) и средних показателей коллекционных пород (24,7 г и 28,6 г). Потеря массы тела оказалась промежуточной между белорусскими и зарубежными коллекционными породами. То есть выше, чем у коллекционных пород зарубежной селекции, но ниже, чем у коллекционных линий белорусской селекции. Выход годовиков зеркального карпа этой селекционной группы составил 48,8 %, что выше, чем у зеркального аналога белорусской селекции (три прим), но ниже, чем средние показатели выживаемости у коллекционных белорусских и зарубежных пород. В целом, годовики двух генераций второй линии пятого поколения характеризовались повышенными показателями по массе тела и уровню снижения массы за зимний период. Выживаемость этой селекционной группы оказалась ниже, чем средние показатели коллекционных пород.

Всего рассмотрено четыре варианта зимовки селекционного зеркального карпа (по 2 генерации первой и второй линий пятого поколения). Из рис. 1 видно, что в вариантах 1, 2 (первая линия) и 3 (первая генерация второй линии) годовики селекцион-

ного карпа похудели за период зимовки значительно меньше, чем коллекционные группы белорусской и зарубежной селекции. Годовики второй генерации, второй линии (4 вариант) по данному признаку занимали промежуточное положение между коллекционными породами белорусской и зарубежной селекции (рис. 1).

Выживаемость годовиков селекционного зеркального карпа в первом варианте выращивания (первая генерация, первая линия) характеризовалась повышенными показателями по сравнению с остальными вариантами зимовки (рис. 2). Выживаемость годовиков селекционного карпа второго варианта выращивания (вторая линия, вторая генерация) имела промежуточные показатели по сравнению с коллекционными белорусскими и зарубежными линиями. В вариантах 3 и 4 зимовки годовиков (вторая линия) выживаемость годови-

Потеря массы тела годовиков

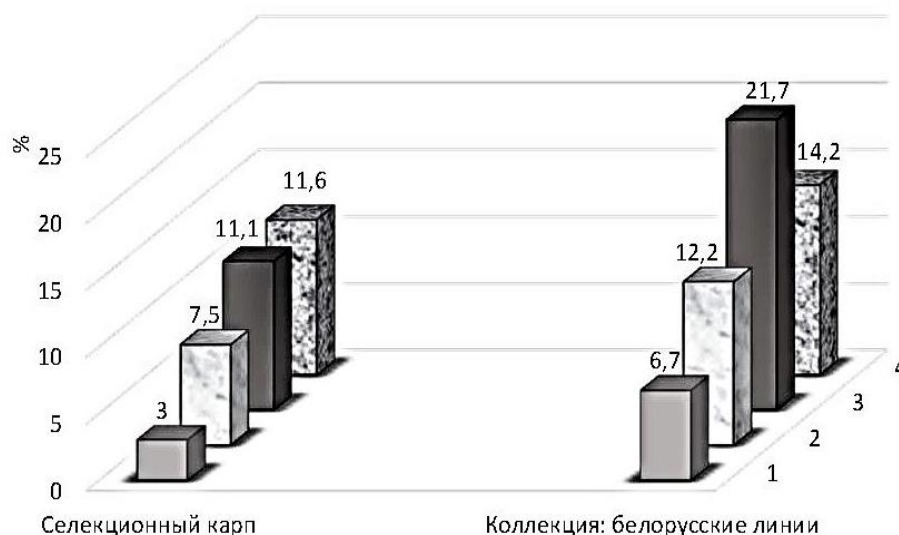


Рисунок 1. Сравнительная характеристика потери массы тела годовиков селекционного карпа «Белорусский зеркальный» в четырех вариантах зимовки: 1, 2 варианты – первая линия; 3, 4 варианты – вторая линия

Выживаемость годовиков

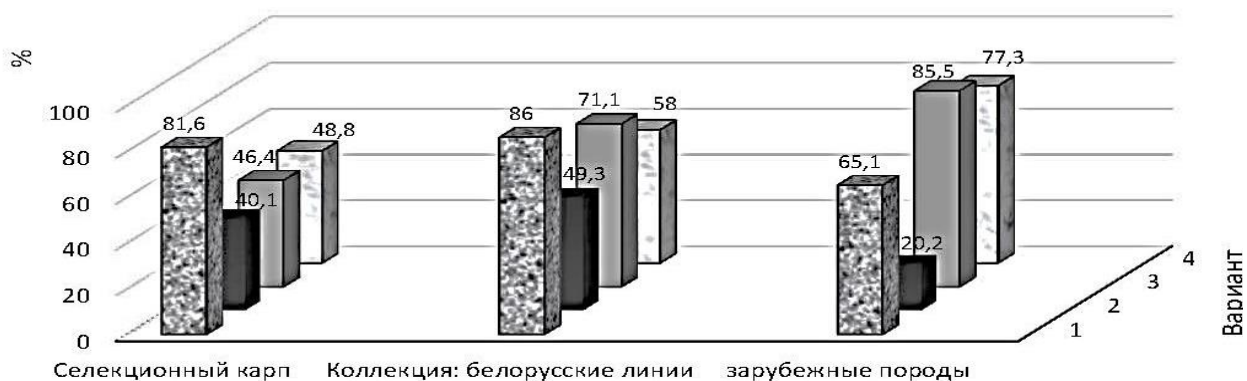


Рисунок 2. Сравнительная характеристика выживаемости годовиков селекционного карпа «Белорусский зеркальный» в четырех вариантах зимовки (1-4 – варианты зимовки)

ков была ниже, чем у чистопородных карпов.

Масса тела годовиков второй линии была значительно выше, чем в первой линии (36,6 г против 24,8 г). Величина отклонения средней массы тела первой линии от второй составила 11,8 г или 47,6 % (рис. 3). Годовики первой линии похудели за зимний период несколько меньше, чем второй, отклонение составило 2,6 или 50,0 %. Годовики первой линии характеризовались повышенной выживаемостью по сравнению с первой линией, отклонение составило 13,2 или 21,7 %.



Рисунок 3. Отклонения рыбоводных показателей зимовки годовиков между двумя линиями селекционного зеркального карпа пятого поколения (%)

В целом, годовики двух генераций второй линии пятого поколения характеризовались повышенными показателями по массе тела и уровню снижения массы за зимний период по сравнению с коллекционными породами белорусской и зарубежной селекции (масса – 36,6 против 31,6 и 35,1 г; потеря массы тела – 7,8 против 17,6 и 14,8 %). Выживаемость этой селекционной группы оказалась ниже, чем средние показатели коллекционных пород (47,6 против 81,4 и 55,3 %).

Сравнение результатов зимовки двух линий селекционного зеркального карпа пятого поколения, полученных на протяжении четырех лет исследований, указывает на значительную изменчивость показателей зимостойкости годовиков. Из полученных данных следует, что повышенной зимостойкостью характеризовалась первая линия пятого поколения селекционного зеркального карпа. Эта группа отличалась самой низкой потерей массы тела (5,2 %) и повышенной выживаемостью (60,8 %). Соответственно, отклонение показателей первой селекционной линии от второй

составило 50 % и 21,7 %.

Заключение

Средние величины массы тела и выживаемость за зимний период двух генераций первой линии селекционного зеркального карпа оказались выше, чем у коллекционных пород зарубежной селекции (24,8 г и 60,8 % против 17,2 г и 52,2 %), но несколько ниже, чем средние показатели коллекционных линий белорусской селекции (35,7 г и 67,6 %). Средняя величина потери массы тела у первой линии селекционного карпа ниже средних показателей коллекционных линий разного происхождения (5,2 % против 18,9 и 9,1 %).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Радько, М.М. Аквакультура Беларуси. Потенциальные возможности и стратегия их реализации / М.М. Радько // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. – 2008. – Вып. 24. – С. 12-15.
2. Таразевич, Е.В. Селекционно-генетические основы создания и использования белорусских пород и

породных групп карпа: монография / Е.В. Таразевич. – Минск: Тонпик, 2009. – 223 с.

3. Книга, М.В. Оценка проявления гетерозисного эффекта по рыбоводно-биологическим показателям у трехпородных кроссов / М.В. Книга, Е.В. Таразевич, Г.А. Прохорчик // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. – 2004. – Вып. 20. – С. 89-94.

4. Сергеева, Е.В. Анализ и обобщение результатов исследования реципрокных кроссов амурского сазана с карпом разной породной принадлежности из коллекционного стада / Т.А. Сергеева, М.В. Книга, Е.В. Таразевич // Агропанорама. – 2023. – № 4 (158). – С. 10-14.

5. Бех, В.В. Выход съедобной части тела помесных и чистопородных карпов при товарном выращивании / В.В. Бех // Вісн. аграрн. науки. – Киев. – 1998. – № 1. – С. 72-74.

6. Томиленко, В.Г. Пищевая ценность помесных и гибридных карпов / В.Г. Томиленко, А.И. Грачовская // Рыбное хозяйство. – Киев. – 1987. – Вып. 4. – С. 62-64.

7. Артамонова, Т.И. Количественная характеристика мышц и некоторых морфологических структур тела двухлетков карпа в условиях высокоинтенсивной технологии выращивания / Т.И. Артамонова

//Актуальн. вопр. пресноводной аквакультуры: сб. тр. ВНИИПРХ. – М., 2000. – Вып. 75. – С. 125-131.

8. Богерук, А.К. Особенности пороодообразования в аквакультуре России /А.К. Богерук // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2006. – № 11. – С. 2-7.

9. Сравнительная рыбоводно-биологическая характеристика сеголетков зеркальных кроссов и чистопородных карпов / М.В. Книга [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. – 2011. – Вып. 27. – С. 17-23.

10. Фенотипическая характеристика сеголетков зеркального карпа разного происхождения / Е.В. Таразевич [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. – 2007. – Вып. 23. – С. 229-238.

11. Книга, М.В. Пищевая ценность двухлетков межпородных и внутривидовых кроссов карпа и его гибридов с амурским сазаном / М.В. Книга // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. – 2005. – Вып. 21. – С. 24-27.

12. Кирпичников, В.С. Генетика и селекция рыб / В.С. Кирпичников. – Л.: Наука, 1987. – 519 с.

13. Правдин, И.Ф. Руководство по изучению рыб / И.Ф. Правдин. – М: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 11.11.2023

Малогабаритная система очистки рабочих жидкостей гидравлических систем

Предназначена для профилактической очистки рабочих жидкостей гидравлических приводов мобильной сельскохозяйственной техники.



Основные технические данные

Производительность	Не менее 24 л/мин
Давление на входе в блок центрифугирования	0,8 МПа
Давление на входе в блок фильтрования	0,2-0,3 МПа
Давление на выходе из блока фильтрования	0,15 МПа
Тонкость очистки	15-40 мкм

Применение системы позволяет при обкатке двигателей расходовать масло без остатка, не снижать качество повторно используемого моторного масла, постоянно добавляя в него свежее товарное масло (гомогенизировать), полностью устранить расход электроэнергии, необходимой для подогрева масла, отказаться от необходимости хранения и утилизации масла. Она может применяться на ремонтно-обслуживающих предприятиях, а также непосредственно в хозяйствах для технического обслуживания машинно-тракторного парка.

УДК 619:614.48:636.934.57

<https://doi.org/10.56619/2078-7138-2023-160-6-14-18>

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМБИКОРМОВ КР-1 С ВКЛЮЧЕНИЕМ СОЛОДОВЫХ РОСТКОВ В КОРМЛЕНИИ МОЛОДНЯКА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

С.Н. Разумовский,

науч. сотр. РУП НПЦ «НАН Беларуси по животноводству»

В.Ф. Радчиков,

профессор РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству», докт. с.-х. наук, профессор

Кормление является основным фактором повышения продуктивности сельскохозяйственных животных. Правильное определение потребностей животных в отдельных факторах питания позволяет сформулировать научно обоснованные требования к ассортименту кормов, их качеству и использованию биологически активных добавок. В статье изложены результаты исследований по изучению эффективности использования в кормлении молодняка крупного рогатого скота вторичных продуктов пивоваренной промышленности – солодовых ростков, скармливание которых оказывает положительное влияние на потребление кормов, физиологическое состояние животных, затраты кормов и эффективность выращивания молодняка крупного рогатого скота. Разработаны оптимальные нормы ввода солодовых ростков в состав комбикорма КР-1 для телят в возрасте 10-75 дней, способствующие повышению среднесуточных приростов живой массы и снижению себестоимости.

Ключевые слова: комбикорма, рацион, ячмень, солодовые ростки, прирост живой массы, затраты кормов, эффективность.

Feeding is the main factor in increasing the productivity of farm animals. Proper determination of animal needs in certain nutritional factors allows to formulate scientifically justified requirements for the assortment of feeds, their quality and the use of biologically active additives. The article presents the results of research of the effectiveness of the use of brewing industry secondary products - malt sprouts in the feeding of young cattle, the feeding of which has a positive effect on feed consumption, physiological state of animals and efficiency of growing young cattle. Norms have been developed for the introduction of secondary products of the brewing industry - malt sprouts – into the composition of the KR-1 compound feed for calves aged 10-75 days, the feeding of which has a positive effect on feed consumption, the physiological state of animals, live weight gain, feed costs and the efficiency of raising young cattle.

Key words: compound feed, diet, barley, malt sprouts, live weight gain, feed costs, effectiveness.

Введение

Недостаточное содержание хотя бы одного питательного вещества в рационе приводит к необратимым процессам в организме животного в виде угасания основных физиологических функций, а также к различным заболеваниям и даже падежу. Поэтому, помимо хороших приростов, питание должно обеспечить еще и надлежащее физиологическое состояние организма животного в целом. Максимальный рост и развитие молодняка крупного рогатого скота и полное использование питательных веществ корма возможны только при условии, что в корме будет сочетаться определенное количество питательных, биологически активных веществ и энергии [1-4].

Для производства животноводческой продукции требуется большое количество растительного белка (для получения 1 кг животного белка необходимо 5-7 кг растительного), для чего используют жмыхи, шроты, зернобобовые и отходы промышленности, перерабатывающей сельскохозяйственную продукцию [5-8].

Введение в практику сельского хозяйства новых нетрадиционных кормовых средств служит хорошим началом для улучшения качества кормов и увеличения их производства в целом [9-11]. При переработке сельскохозяйственного сырья образуются отходы, обладающие огромным количеством ценных питательных и биологически активных веществ, которые могут использоваться на кормовые цели. В этом отношении представляют интерес солодовые ростки, которые являются продуктом переработки ячменя [12-14].

Солодовые ростки, состоящие из корешков, отделенных от проросшего и высушенного солода, – это вторичный продукт пивоварения. Они представлены в виде отбитых и высушенных ростков ячменя при приготовлении солода и содержат 23,1 % протеина, одна треть из них приходится на амиды. Выход солодовых ростков зависит от длительности процесса солодоращения и составляет 3-5 % к массе получаемого солода. Сравнительный анализ солодовых ростков и ячменя свидетельствует о том, что по химиче-

скому составу и большинству основных элементов питательности они, как минимум, не уступают ячменю. Так, по содержанию сырого и переваримого протеина солодовые ростки превосходят ячмень, который является основным компонентом комбикормов многих рецептов, соответственно в 2,0 и 2,2 раза, а по фосфору – в 2,1 раза. Солодовые ростки также превосходят ячмень по содержанию магния, серы, меди, цинка и марганца. При этом их протеин в 2-2,5 раза дешевле протеина зерновых культур. В солодовых ростках обнаружены аминокислоты – аспарагиновая и глутаминовая, серин, треонин, аланин, тирозин, валин, метионин, лейцин, изолейцин, б-фенилаланин, пролин [15].

Исследованию качества кормов с использованием кормовых добавок в рационах молодняка крупного рогатого скота посвящены работы – Люндышева В.А., Бесараба Г.В., Емельяновой Н.А., Цай В.П., Каневской В.Н. и других ученых.

Цель данной работы – изучить эффективность использования комбикормов КР-1 с включением солодовых ростков в кормлении молодняка крупного рогатого скота (КРС).

Основная часть

Для решения поставленной цели в ГП «Жодино-АгроПлемЭлита» проведен научно-хозяйственный опыт на четырех группах молодняка крупного рогатого скота I фазы выращивания в соответствии со схемой исследований (табл. 1).

Таблица 1. Схема исследований

Группа	Количество животных, гол.	Продолжительность опыта, дней	Особенности кормления
I контрольная	10	65	Основной рацион – состав кормов рациона, утвержденный в хозяйстве + комбикорм стандартный КР-1
II опытная	10	65	Основной рацион + комбикорм КР-1 №1 (5% солодовых ростков)
III опытная	10	65	Основной рацион + комбикорм КР-1 №1 (10% солодовых ростков)
IV опытная	10	65	Основной рацион + комбикорм КР-1 №2 (15% солодовых ростков)

Различия в кормлении заключались в том, что в состав комбикорма животных II, III и IV опытных групп включали 5, 10 и 15 % солодовых ростков.

Количество основных питательных веществ солодовых ростков в расчете на сухое вещество представлено в табл. 2.

Из характеристики основных питательных веществ видно, что солодовые ростки значительно превосходят зерно злаков, в частности ячмень, по уровню сырого протеина в 2,7 раза. Уровень сырого протеина в сухом веществе солодовых ростков сопоставим с зерном кормовых бобов, что ставит этот продукт в ряд ценных белковых кормов. Несомненным достоинством солодовых ростков является невысокая степень расщепляемости протеина в руб-

це (на уровне 80 %), что очень важно для организации кормления жвачных животных. Солодовые ростки также являются источником структурной клетчатки, необходимой для стимуляции процессов жвачки и рубцовой моторики.

Для проведения опыта были разработаны и приготовлены комбикорма КР-1, состав и питательная ценность которых приведены в табл. 3.

В составе опытного комбикорма солодовыми ростками заменяли зерно кукурузы и тритикале, а в 4-м опытно и подсолнечного шрота (2%). Данные изменения в рецептуре незначительно повлияли на питательность, которая во всех комбикормах находилась на уровне 1,13 к. ед., с содержанием энергии 11,2 МДж в контроле и до 11,22 МДж в 4-м опытно. По сухому веществу наибольшее количество оказалось в 4-м опытно рецепте (893 г против 879 г в контроле). По содержанию сырого протеина – на 25 г выше контрольного показателя. С увеличением уровня ввода солодовых ростков незначительно повысилось и количество сырой клетчатки – с 44,5 г в контроле до 54,2 г в 4-м опытно комбикорме. Замечено снижение содержания крахмала (на 80 г) и сахара (на 4 г). При незначительном снижении кальция установлена тенденция по увеличению фосфора в комбикормах, содержащих солодовые ростки, которая также отмечена по уровню серы и цинка. По остальным элементам значительных расхождений не установлено. Снижение уровня кальция выразилось в отношении кальция к фосфору. Если в контроле оно соответствовало 0,94 к 1, то уже в 4-м опытно составе – 0,87 к 1. Энергопротеиновое отношение в контрольном комбикорме составило 0,35, а с увеличением уровня солодовых ростков повысилось в 4-м комбикорме до 0,39.

Изучение поедаемости кормов в научно-хозяйственном опыте показало, что использование в составе рационов бычков опытных комбикормов с включением разных количеств солодовых ростков оказало определенное влияние на потребление корма. На основании проведенных контрольных кормлений за период опыта установлен фактический рацион телят, который на 64-67 % состо-

Таблица 2. Содержание основных питательных веществ и энергии в сухом веществе солодовых ростков

Питательные вещества и энергетическая питательность	Количество
Сырой протеин, %	32,1-33,5
Жир, %	0,95-1,10
БЭВ, %	49,1-50,8
Сырая клетчатка, %	9,3
Кормовые единицы	1,10-1,14
Обменная энергия, МДж	11,7-11,9

Таблица 3. Состав и питательность опытных комбикормов КР-1

Показатель	Комбикорм			
	I	II	III	IV
Кукуруза, %	25	20	20	20
Солодовые ростки, %	-	5	10	15
Тритикале, %	17	17	12	10
Пшеница, %	20	20	20	19
Шрот подсолнечный, %	15	15	15	13
ЗЦМ, %	10	10	10	10
Соль, %	1	1	1	1
Мел, %	1	1	1	1
Премикс ПКР-1, %	1	1	1	1
Дрожжи кормовые, %	10	10	10	10
Итого	100	100	100	100
В комбикорме содержится:				
Кормовые единицы	1,13	1,13	1,13	1,13
Обменная энергия, МДж	11,2	11,18	11,19	11,22
Сухое вещество, г	879	884	888	893
Сырой протеин, г	205,5	214,3	222,7	225,5
Переваримый протеин, г	165,1	173,1	180,4	182,9
Расщепляемый протеин, г	166,8	173,7	180,3	183,0
Нерасщепляемый протеин, г	38,6	40,6	42,3	42,5
Сырой жир, г	21,4	20,8	20,8	20,8
Сырая клетчатка, г	44,4	48,5	52,3	54,1
Крахмал, г	334	306	281	265
Сахара, г	48,4	47,2	46,1	44,0
Кальций, г	5,8	5,8	5,7	5,6
Фосфор, г	6,2	6,4	6,4	6,5
Железо, мг	111	108	105	97
Медь, мг	12,7	12,9	13,0	12,7
Цинк, мг	61,8	63,1	64,2	65,2
Марганец, мг	65,8	66,0	65,4	64,7
Кобальт, мг	3,96	3,95	3,95	3,94
Йод, мг	0,49	0,48	0,46	0,43
Селен, мг	0,1	0,1	0,1	0,1
Каротин, мг	2,8	2,4	2,4	2,3
Витамин Д, МЕ	3000	3000	3000	3000
Витамин Е, мг	34,9	33,3	31,9	31,0
Стоимость, руб.	0,67	0,66	0,66	0,65

ял из молока и на 24-25 % из комбикорма-стартера. Остальную часть рациона занимали – зерно кукурузы, сено злаково-бобовое.

По питательности и содержанию обменной энергии различия между группами составили: от 2,27 к. ед. (21 МДж) в I контрольной группе до 2,3 к. ед. (21,7 МДж) во II опытной. Результаты III и IV групп были в границах, перечисленных выше. По потреблению сухого вещества разница была несколько большей: в контрольной группе – 1396 г, в опытных увеличилась на 5,6-6,9 %.

Большее потребление комбикормов опытными животными способствовало и большему уровню протеина в рационе (322-324 г против 306 г в контроле). В результате скармливания различных комбикормов установлено, что сахаро-протеиновое отношение в контрольной группе составило 1,04, а в опытных группах находилось на уровне 0,98-1,0. Энерго-протеиновое отношение – 0,3; валовая энергия раци-

она в контроле составила 28,4 МДж, в опытных – 29,9-30,2 МДж. Коэффициент использования энергии на поддержание – 0,8. Отношение кальция к фосфору во всех рационах – 1,24-1,27.

Из данных таблицы 3 видно, что в сухом веществе рациона контрольных животных содержалось 22,1 % сырого протеина, а в опытных, соответственно, 22,8 и 22,6 %, что определенным образом влияло на продуктивность молодняка. Концентрация обменной энергии в 1 кг сухого вещества в контрольной группе составила 12,2 МДж, а в опытных группах, соответственно, 12,1 и 12,0 МДж. Переваримого протеина в расчете на 1 МДж обменной энергии в контрольной группе содержалось 14,4 г, в опытных – 15,2 и 15,06 г. Содержание кальция в рационах находилось на уровне 22,7 – 24,7 г; фосфора – 12,64-14,5 г; серы – 6,17-7,3 г; магния – 3,92-4,48 г; калия – 17-18,6 г; меди – 24,5-29,7 мг; цинка – 146,3-168,8 мг.

Использование различных уровней солодовых ростков в составе комбикорма взамен зерна определенным образом отразилось на продуктивности телят (табл. 4).

Введение солодовых ростков в количестве 5 % по массе в состав комбикорма КР-1 позволило получить среднесуточный прирост – 806 г, что на 9,3 % выше, чем в контроле ($P < 0,05$). Увеличение концентрации солодовых ростков в комбикорме на 5 и 10 п.п. снизило прирост живой массы на 1,4 и 7,5 % соответственно. Данное влияние, как положительное во II опытной группе, так и отрицательное в III и IV группах, отразилось и на затратах кормов на получение прироста, понизив их на 7,3 % и повысив на 2,3 % и 8,5 % соответственно. В результате затраты обменной энергии на 1 кг прироста в контрольной группе оказались на 8,1 % выше по сравнению со II группой и ниже, чем в III и IV опытных. Такая же тенденция сохранилась и по затратам сырого протеина на прирост. Более развернутые показатели энергоэффективности скармливаемых рационов свидетельствовали о том, что энергия прироста составила 8,05 МДж во II опытной группе, которой скармливали комбикорм с 5 % солодовых ростков. Второй результат был у контрольной группы (7,1 МДж), а результаты III и IV опытных групп оказались ниже на 1,5 % и 9,2 % соответственно.

Использование комбикормов с включением 5 % солодовых ростков в комбикорм позволило снизить стоимость рациона животных на 0,34 руб. Данная разность положительно повлияла на себестоимость продукции выращивания, которая в этой группе снизилась по отношению к контролю на 10,1 %, что способствовало получению 521,6 руб. прибыли на все поголовье за опыт.

Заключение

В результате проведенных исследований установлено:

1. Скармливание телятам в возрасте 10-75 дней

разработанного комбикорма КР-1 с вводом 5 % солодовых ростков способствовало повышению среднесуточного прироста живой массы на 9,3 %, снижению себестоимости на 10,1%, что обеспечило получение 521,6 руб. дополнительной прибыли.

2. При включении в рацион опытных групп комбикорма, содержащего 10 % солодовых ростков, продуктивность животных находилась на одинаковом уровне с контрольной группой, однако снижение себестоимости прироста позволило получить 10,3 руб. дополнительной прибыли.

3. Увеличение количества изучаемого корма до 15 % привело к снижению среднесуточного прироста живой массы на 7,5 %, увеличению его себестоимости на 5,8 % и оказалось экономически невыгодным.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Эффективность использования питательных веществ рационов с микродобавками йода и брома бычками / В.К. Гурин [и др.] // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства: материалы VIII Междунар. науч.-практич. конф., посвящ. 85-летию зооинженерного факультета и 175-летию БГСХА, г. Горки, 28-29 мая 2015 г. – Горки: БГСХА, 2015. – С. 36-40.

2. Люндышев, В.А. Селен в рационах молодняка крупного рогатого скота / В.А. Люндышев // Агропанорама. – 2013 (97). – № 3. – С. 24-25.

3. Влияние разных способов переработки зерна на обмен веществ и продуктивность молодняка крупного рогатого скота / Г.В. Бесараб [и др.] // Инновационное развитие продуктивного и непродуктивного животноводства: сборник науч. трудов Междунар. науч.-практич. конференции, Брянск, 26-27 мая 2022 г. – Брянск: ГАУ, 2022. – С. 226-230.

4. Влияние рекомбинантного лактоферрина человека на биологическую полноценность и санитарное качество спермы хряков / Д.М. Богданович [и др.] // Зоотехническая наука Беларуси. – 2018. – Т. 53. – № 1. –

Таблица 4. Показатели продуктивности животных и затраты кормов

Показатель	Группа			
	I	II	III	IV
Живая масса в начале опыта, кг	40,76±2,2	42,62±1,4	41,93±1,5	43,34±1,6
Живая масса в конце опыта, кг	88,7±1,9	95±1,5	89,2±1,3	87,7±1,6
Валовой прирост, кг	47,94±1,0	52,38±0,8	47,27±1,3	44,36±1,9
Среднесуточный прирост, г	737±16,0	806±12,0	727±20,3	682±29,2
± к контролю, г	-	68	-10	-55
± к контролю, %	-	9,3	-1,4	-7,5
Затраты кормов на 1 кг прироста:	3,08	2,85	3,15	3,34
± к контролю %	-	-7,3	2,3	8,5
Энергия прироста или отложения, МДж	7,10	8,05	6,99	6,45
Конверсия энергии в прирост, %	1,49	1,75	1,51	1,39
Затраты обменной энергии на 1 МДж в приросте живой массы, МДж	2,96	2,70	3,09	3,34
Затраты обменной энергии на 1 кг прироста, МДж	28,5	26,9	29,7	31,5
Затраты сырого протеина на 1 кг прироста живой массы, г	415	399	445	473

С. 21-28.

5. Гумат натрия в рационах молодняка крупного рогатого скота / Г.Н. Радчикова [и др.] // Ученые записки Витебской государственной академии ветеринарной медицины. – 2015. – Т. 51. – № 1-1. – С. 115-119.

6. Энерго-протеиновые добавки на основе рапса, люпина, вики, гороха в рационах телят / В.К. Гурин [и др.] // Зоотехническая наука Беларуси. – 2012. – Т. 47. – № 2. – С. 63-72.

7. Использование жировой добавки «Профат» в кормлении коров / Г.Н. Радчикова [и др.] // Ученые записки Витебской государственной академии ветеринарной медицины. – 2008. – Т. 44. – № 2-1. – С. 259-261.

8. Продуктивные и воспроизводительные показатели племенных бычков в зависимости от качества протеина в рационе / Г.Н. Радчикова [и др.] // Инновационное развитие продуктивного и непродуктивного животноводства: сборник науч. трудов Междунар. науч.-практич. конференции, Брянск, 26-27 мая 2022 г. – Брянск: ГАУ, 2022. – С. 299-304.

9. Трансформация энергии рационов бычками в продукцию при скармливании барды и минерально-витаминной добавки / В.К. Гурин [и др.] // Зоотехническая наука Беларуси. – 2015. – Т. 50. – № 1. – С. 241-249.

10. Люндышев, В.А. Комбикорма с солями брома и йода / В.А. Люндышев, О.Д. Лолуа // Зоотехния. – 1999. – № 7. – С. 13.

11. Белково-витаминно-минеральные добавки с использованием узколистного люпина и карбамида в рационах молодняка крупного рогатого скота /

Т.Л. Сапсалева [и др.] // Инновационные подходы к развитию устойчивых аграрно-пищевых систем: материалы Междунар. науч.-практич. конф., г. Волгоград, 10 июня 2022 г./ Поволжский НИИ производства и переработки мясо-молочной продукции. – Волгоград, 2022. – С. 22-27.

12. Энерго-протеиновые добавки в кормлении молодняка крупного рогатого скота, выращиваемого на мясо / В.А. Люндышев, В.К. Гурин, В.П. Цай // Зоотехническая наука Беларуси. – 2014. – Т. 49. – № 2. – С. 113-129.

13. Кормовые добавки в рационах молодняка крупного рогатого скота / А.М. Глинкова [и др.] // Инновационное развитие продуктивного и непродуктивного животноводства: сборник науч. трудов Междунар. науч.-практич. конференции, 26-27 мая 2022 г. – Брянск: ГАУ, 2022. – С. 258-262.

14. Влияние скармливания экструдированного обогатителя на обмен веществ и продуктивность молодняка крупного рогатого скота / Г.Н. Радчикова [и др.] // Инновационное развитие продуктивного и непродуктивного животноводства: сборник науч. трудов Междунар. науч.-практич. конференции, 26-27 мая 2022 г. – Брянск: ГАУ, 2022. – С. 290-294.

15. Использование вторичных продуктов перерабатывающих предприятий в кормлении молодняка крупного рогатого скота: монография / В.А. Люндышев [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2014. – 168 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 03.08.2023

Система микропроцессорного автоматизированного регулирования положения распределительной штанги относительно обрабатываемой поверхности

Предназначена для повышения равномерности внесения рабочего раствора пестицидов штанговыми опрыскивателями, снижения времени на подготовку агрегата к работе и его регулировки в процессе работы.

Система обеспечивает соблюдение постоянства расстояния между распылителями и обрабатываемой поверхностью в процессе работы опрыскивателя, как на склонах, так и на равнинной местности.



Основные технические данные

Тип механизма изменения угла наклона штанги	Гидравлический
Тип системы	Микропроцессорная
Тип датчиков	Ультразвуковые
Диапазон измерения, м	0,4 – 2,0
Погрешность измерения расстояния между штангой и обрабатываемым объектом, м	0,040
Время готовности системы к работе, мин.	до 1
Напряжение питающей сети, В	=12 ± 2,5
Продолжительность постоянного измерительного сигнала, после которого вырабатывается управляющее воздействие на исполнительный привод, с	2
Масса, кг, не более	40

СПОСОБ СНИЖЕНИЯ СЕЗОННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ

С.М. Барайшук,

зав. каф. практической подготовки студентов БГАТУ, канд. физ.-мат. наук, доцент

И.А. Павлович,

ассистент каф. практической подготовки студентов БГАТУ

М.Х. Муродов,

*зав. каф. энергетики Наманганского инженерно-строительного института,
канд. техн. наук, доцент (Узбекистан)*

В.В. Богданович,

ст. преподаватель каф. практической подготовки студентов БГАТУ

В статье рассмотрены возможные способы уменьшения коэффициента сезонности и сопротивления контура заземления для грунтов с высоким удельным сопротивлением растеканию тока. Проведен анализ влияния смесей для оптимизации заземления на удельное сопротивление грунта. На основе экспериментальных данных показано, что коэффициент сезонности, как и сопротивление контура заземления, можно снизить искусственной обработкой грунта в месте монтажа заземления.

Ключевые слова: заземляющее устройство, удельное электрическое сопротивление грунта, электробезопасность, коэффициент сезонности.

Possible ways to reduce the resistance of the ground loop for high-resistance soils are considered in the article. The effect of grounding optimization mixtures on soil resistivity was analyzed. Based on the results of the studies, analysis of the effect of mixtures for optimizing grounding on the soil resistivity, seasonality coefficient, and resistance of the ground loop was made.

Key words: grounding device, electrical resistivity of the soil, electrical safety, seasonality coefficient.

Введение

Заземление является одним из важнейших элементов в перечне технических средств для защиты людей, сельскохозяйственных животных и птиц от поражения электрическим током в условиях сельскохозяйственного производства. Обеспечивая корректную работу устройств защитного отключения, заземление играет важную роль в обеспечении электробезопасности и снижении электротравматизма на предприятиях АПК [1].

Исследованиями российских [2] и зарубежных [3] ученых установлено, что опасными для животных являются токи:

- от 0,2 до 0,3 А – для телят;
- от 0,3 до 0,4 А – для коров;
- от 0,15 до 0,20 А – для овец и свиней.

Опасное напряжение составляет от 30 до 40 В. Единообразие этих данных объясняется тем, что механизм поражения животных основан на фибрилляционном эффекте, при котором электрический ток оказывает непосредственное воздействие на сердце животного, в отличие от человека, когда воздействие тока более разнообразно.

Одной из основных мер защиты животных на животноводческих комплексах является устройство

выравнивания электрических потенциалов (УВЭП) и уравнивания электрических потенциалов. Для обеспечения эффективной защиты животных за счет использования УВЭП необходимо учитывать ряд факторов, основным из которых является удельное электрическое сопротивление грунта в месте установки и сопротивление растеканию тока через заземляющие устройства (ЗУ). Расчеты [4] показывают, что допустимое значение напряжения прикосновения превышает допустимые значения при удельном электрическом сопротивлении грунта $\rho > 60$ Ом·м и сопротивлении заземляющих устройств более 20 Ом. Это означает, что при таких параметрах эффективность защиты животных не обеспечивается. Однако, учитывая нормирующие значения сопротивления заземления, равные 10 Ом, а также сезонные изменения сопротивления заземляющих устройств, такое их сопротивление может быть в течение продолжительной части года [5]. Необходимо также учитывать, что токи нулевой последовательности постоянно протекают через заземлители, что может негативно сказываться на их работе. В результате такого воздействия происходит высушивание грунта и увеличение сопротивления [6]. Поэтому при проектировании и установке заземляющих устройств необходимо предусматривать

запас по значению его сопротивления, чтобы компенсировать сезонные изменения и изменения, связанные с особенностями контакта электродов с почвой [7].

Проблемы надежности работы заземляющих устройств и обеспечения электробезопасности описаны в трудах – Андруша В.Г., Федорчука А.И., Якобс А.И., Веденеевой Л.М., Чудинова А.В., Кучеренко Д.Е., Грищенко Д.Н., Михайловой В.А.

Целью данной работы является обоснование способа снижения сезонных изменений сопротивления контура заземления для повышения электробезопасности сельскохозяйственных животных и человека на предприятиях агропромышленного комплекса применением грунтозамещающей смеси.

Основная часть

Расчет токов в земле представляет собой сложную задачу. Затруднения возникают из-за сильных изменений сопротивления большинства грунтов, которые зависят от интенсивности протекающих через них токов [8]. Данные нелинейные изменения усложняют применение закона Ома при расчете таких цепей [9]. Поэтому применение заземлителей со стабильными электрофизическими свойствами, слабо подверженных влиянию сезонных факторов и обеспечению электробезопасности сельскохозяйственных животных, является актуальным. В процессе проектирования, монтажа и ремонта заземляющих устройств (при высоком удельном сопротивлении грунтов в местах монтажа заземляющих устройств) можно использовать различные технические методы для снижения сопротивления заземления [10]. Одним из таких методов является применение искусственной обработки грунта с использованием неагрессивных к материалу заземлителя смесей. Это помогает уменьшить удельное сопротивление грунта и, следовательно, повысить эффективность заземления.

Для достижения данной цели можно применять разные типы околоэлектродных засыпок. Среди них наиболее перспективным является использование электропроводящего состава, который способствует стабилизации влажности в околоэлектродном пространстве [5], что позволяет снизить температуру замерзания влаги в грунте за счет ее удержания и ведет к уменьшению сезонности [11, 12]. Сопутствующим эффектом такой обработки является уменьшение сопротивления грунта за счет формирования связанных электролитических растворов и применения засыпок с низким удельным сопротивлением. Ранее было отмечено, что введение гидростабилизирующих веществ эффективно при уменьшении значений высокого сопротивления заземлений (порядка 400-600 Ом), но не является эффективным при низких значениях сопротивления (меньше 100 Ом) [13]. В таких случаях использование гидростабилизирующих веществ может иметь заметный эффект только при взаимодействии с проводящими порошками, аналогично другим методам оптимизации заземления, известным ранее. Однако введение гидрогелей в околоэлектродное пространство позволяет минимизировать фактор просыхания верх-

них слоев земли, который, как известно, является одной из основных причин изменения удельного сопротивления [14]. Данный фактор напрямую определяет сезонный коэффициент удельного сопротивления K_c и глубину сезонных изменений земли h_c , влияя не только на температуру замерзания грунта, но и на изменения удельного сопротивления грунта при его замерзании, в частности в зимний период [11].

Проблема определения параметров K_c и h_c особенно остро стояла при переходе на проектирование заземляющих устройств электроустановок, с учетом многослойных электрических структур земли. Величины K_c , h_c были получены еще во Всесоюзном научно-исследовательском институте электрификации сельского хозяйства на основе теории распространения потока энергии в земле [15]. Уточнение величин K_c , h_c произведено в Сибирском научно-исследовательском институте энергетики. При исследовании отдельных компонентов выявлено, что введение смесей такого типа способно значительно снизить удельное сопротивление грунта и сопротивление растеканию заземляющего устройства [16]. Конкретный эффект зависит от состава смеси и объема ее введения, и варьируется от 24,7 % до 70,5 % [17].

Первые величины K_c , h_c были получены на основе теории распространения потока энергии в земле [15, 16]. Однако современные исследования и новые разработки заземляющих устройств указывают на необходимость более детального исследования влияния сезонности на сопротивление ЗУ.

Методика проведения исследований

В ходе исследования проведен ряд лабораторных экспериментов по измерению значений удельного сопротивления грунтозамещающей смеси при изменении температуры и влажности, а также натурных экспериментов по измерению значения сопротивления контрольного и экспериментального контуров заземления для определения влияния грунтозамещающей смеси на коэффициент сезонности.

Для проведения исследований был установлен контрольный контур заземления, который состоит из вертикального составного электрода диаметром 16 мм и длиной 3 м, а также горизонтального фрагмента соединительной полосы размером 4x50 мм и длиной 3 м. Вне зоны экранирования контрольного контура был установлен экспериментальный контур той же конструкции и конфигурации. Однако в процессе монтажа в его околоэлектродном пространстве осуществлена частичная замена грунта с использованием специальной смеси, с целью оптимизации электрофизических параметров заземления. На протяжении трех лет (еженедельно) проводилось регулярное измерение сопротивления заземляющих устройств с помощью поверенного измерителя ИС-10. Измерялось сопротивление растеканию тока через заземляющие устройства, удельное сопротивление грунта в точке их установки, а также определялся радиус растекания тока от заземлителя.

Измерения удельного сопротивления смеси проводились в лабораторных условиях по схеме и методике, описанной в источнике [18]. Для проведения эксперимента изготовлена измерительная установка, представленная на рисунке 1.

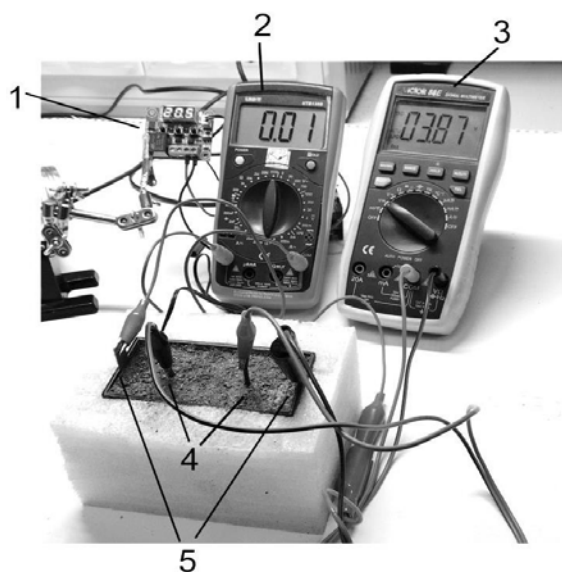


Рисунок 1. Установка для определения удельного электрического сопротивления смеси и грунта в лабораторных условиях: 1 – термометр; 2 – мультиметр; 3 – вольтметр; 4 – внутренние электроды; 5 – внешние электроды

Внешние электроды представляют собой прямоугольные пластины из нержавеющей стали. К каждой пластине прикреплен проводник через ножку. Одна сторона каждой пластины, прилегающая к торцевой поверхности ячейки, изолирована. Внутренние электроды выполнены из медной проволоки диаметром 2 мм и имеют длину, превышающую высоту ячейки на 60 мм [19].

Экспериментальная часть исследования включала в себя определение удельного сопротивления смеси при различной влажности и температуре. Влажность регулировалась порционным добавлением дистиллированной воды в выпаренные образцы (в диапазоне от 5 до 35 %). Зависимость от температуры определялась по следующей методике: образцы с заданной концентрацией элементов и контрольные увлажнялись до заданных значений, после чего помещались в измерительную ячейку, которая устанавлива-

лась в термоизоляционный кожух и замораживалась до температуры - 20 °С. После заморозания ячейку со смесью размораживали со скоростью, не выше 0,1 °С·мин⁻¹, с непрерывной регистрацией тока и напряжения в измерительной цепи, а также температуры при помощи поверенных мультиметров марки UTB 139B.

Результаты и обсуждение

Коэффициент сезонности сопротивления грунта в Республике Беларусь является важной характеристикой, которая отражает изменения электрических свойств грунта, в зависимости от сезонных колебаний климата и влажности грунта. В Беларуси климатические условия имеют характерные сезонные изменения, что оказывает влияние на электрическую проводимость грунта (рис. 2). Данные, принятые в нормативных документах, приведены в табл. 1.

Однако для получения конкретных данных и значений коэффициента сезонности сопротивления грунта в Беларуси, требуется выполнение специализированных исследований и измерений на конкретных участках.

При проектировании и теоретических расчетах используется усредненное значение коэффициента сезонности, приведенное в источнике [20].

Контрольные контуры заземления представляют собой установленные системы заземления, позволяют фиксировать изменения удельного сопротивления грунта в разные сезоны и влажные периоды, с температурой от - 10 °С до +30 °С, а также влажностью почвы – от 5 до 40 %.

На рис. 2 приведен график изменения сопротив-

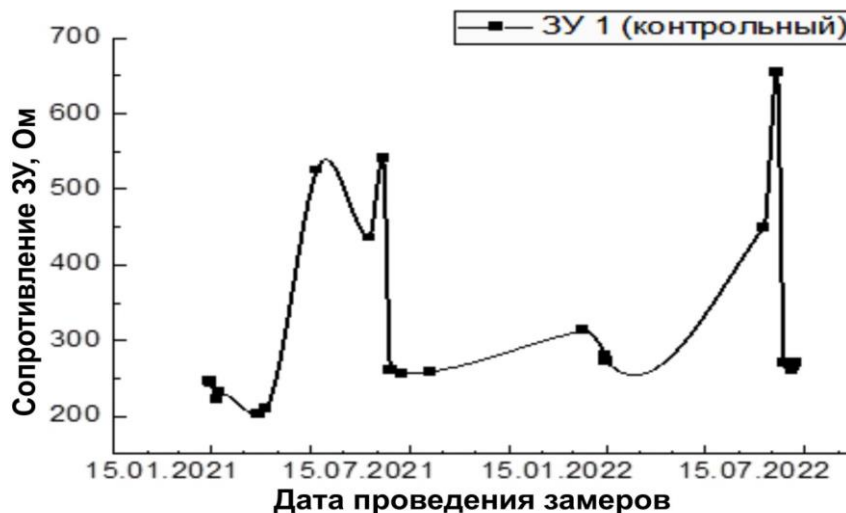


Рисунок 2. Изменение сопротивления контрольного контура заземления

Таблица 1. Значение сезонных параметров земли для Республики Беларусь

Усредненная величина	Коэффициент сезонных изменений, K_c			Глубина слоя сезонных изменений h_c , м
	Влажность грунта перед проведением ВЭЗ	Средняя	Пониженная	
3,4	5,0	3,0	2,0	1,8

ления контура заземления.

Проанализировав график, можно сделать вывод о том, что коэффициент сезонности для контрольного электрода составил: $K_c = 3,24$, что очень близко к усредненному значению, полученному в [20].

В лабораторных условиях был произведен замер удельного сопротивления грунтозамещающей смеси. График сопротивления грунтозамещающей смеси при различных температурах и влажности представлен на рис. 3. Анализируя данный график, можно определить, что удельное сопротивление смеси мало зависит от влажности при содержании влаги больше 15 %,

поскольку гидрогель, содержащийся в смеси, позволяет стабилизировать влажность. На величину сопротивления оказывает влияние только лишь температура. Это позволяет предположить, что при залегании контура заземления до точки промерзания грунта, которая в Республике Беларусь составляет 1,2 м [21], применение грунтозамещающей смеси на основе графита и гидрогелей позволит избежать влияния коэффициента сезонности на экспериментальный контур заземления. На рис. 4 приведен график влияния температуры и влажности на удельное сопротивление грунтозамещающей смеси.

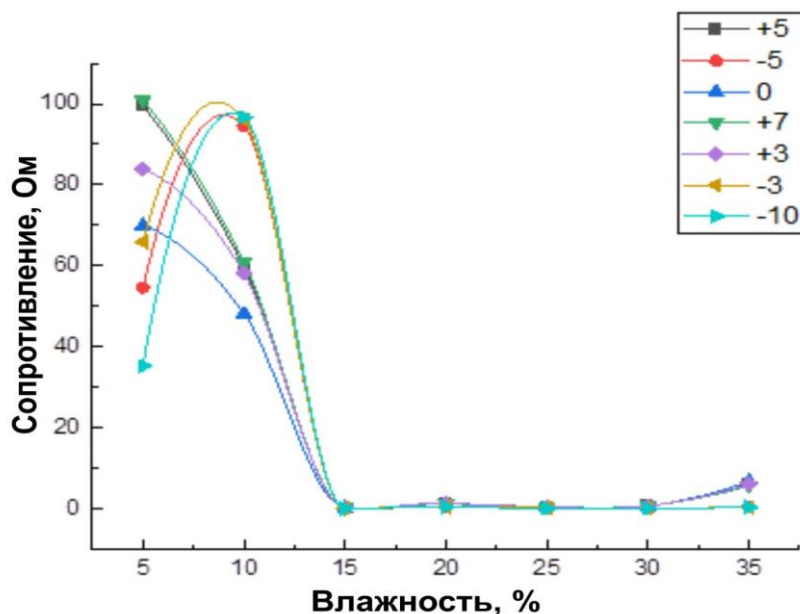


Рисунок 3. Сопротивление (Ом) грунтозамещающей смеси при различных температурах и влажности (%).

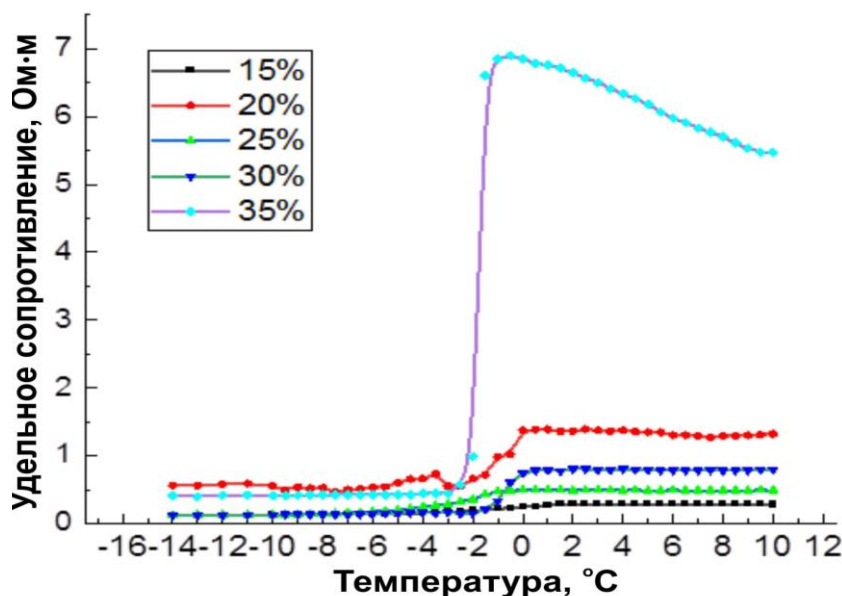


Рисунок 4. Влияние температуры ($^{\circ}\text{C}$) и влажности (%) на удельное сопротивление грунтозамещающей смеси ($\text{Ом}\cdot\text{м}$)

Как видно из графика, температура замерзания смеси составляет от $-3,5$ до -2°C , что также позволяет снизить влияние сезонности. Кроме того, на графике (рис. 4) мы видим аномальное поведение удельного сопротивления в сравнении с данными для реликтовых грунтов, а именно – его уменьшение при замерзании. Такое явление можно объяснить уплотнением проводящих частей графита, содержащегося в смеси. Это позволяет говорить о возможной компенсации сезонных колебаний электрофизических параметров грунта, влияющих на сопротивление заземляющего устройства.

Имеет место испарение влаги, что приводит к увеличению сопротивления грунта, особенно при температурах выше 7°C . Высушивание грунта также может происходить под воздействием температуры окружающего воздуха. Это ведет к потере влаги верхним слоем почвы до глубины, обычно не превышающей 90 см, а также при нагревании заземлителей ввиду протекания по ним токов, в результате чего сопротивление увеличивается. Поэтому при устройстве заземлений, в целях снижения сезонности сопротивления, заземлители размещают в земле ниже этого уровня. В нашем случае интерес представляет изменение сопротивления экспериментального контура заземления со смесью с достаточным содержанием гидрогеля, позволяющим поддерживать влажность не ниже 15 % относительно контрольного ЗУ. Обработка грунта грунтозамещающей смесью позволяет улучшить электрическую проводимость и снизить удельное сопротивление грунта, позволив создать более эффектив-

ное заземление путем снижения сопротивления и обеспечения более стабильных электрических характеристик системы заземления.

На рис. 5 приведен график изменения сопротивления экспериментального контура заземления, подвергнутого обработке грунтозамещающей смеси на основе гидрогеля и графита, а также график сопротивления контрольного контура заземления.

Произведя анализ полученных результатов, установлено, что коэффициент сезонности при применении грунтозамещающей смеси составил: $K_c=1,64$, что в два раза ниже экспериментального. Это подтверждает лабораторное исследование грунтозамещающей смеси для стабилизации электрофизических параметров контура заземления.

В аварийных режимах напряжение прикосновения и напряжение шага должны быть не более 12В [22] или 8В [1]. Необходимо обеспечить достаточно низкое сопротивление УВЭП, чтобы минимизировать влияние напряжения на сельскохозяйственных животных.

Общеизвестно, что напряжение прикосновения $U_{пр}$ – это падение напряжения в сопротивлении тела человека или животного и вычисляется по формуле:

$$U_{пр} = I_h R_h, \quad (1)$$

где I_h – ток, проходящий через тело по пути «рука – нога» (для животных – морда – задние ноги), А;
 R_h – сопротивление тела человека, Ом.

В области защитных заземлений одна из этих точек имеет потенциал заземлителя, а другая – потенциал основания, на котором находится тело. Поэтому напряжение прикосновения можно описать с использованием соответствующей формулы:

$$U_{пр} = \varphi_3 - \varphi_{осн}, \quad (2)$$

где φ_3 – потенциал заземляющего устройства, В;
 $\varphi_{осн}$ – потенциал основания, В.

Потенциал группового заземляющего устройства обусловлен потенциалом каждого электрода и введенных потенциалов другими электродами. Так как все электроды ЗУ соединены между собой, то они имеют одинаковый потенциал, и тогда:

$$\varphi_3 = \varphi_{01} + \sum_2^n \varphi_{ni}, \quad (3)$$

где φ_{01} – собственный потенциал первого электрода, В;

φ_{ni} – собственный потенциал i -го электрода, В;
 n – количество электродов.

$$\varphi_{01} = I_1 R_1, \quad (4)$$

где I_1 – ток, стекающий через этот электрод в землю, А

R_1 – сопротивление заземлителя, Ом.

Из представленных выше выражений можно сделать вывод о том, что напряжение прикосновения зависит от сопротивления контура заземления, к которому присоединено УВЭП.

Произведя необходимые математические преобразования, получим выражение:

$$U_{пр} = \varphi_3 \alpha_1 \frac{R_h}{R_h + R_{осн}}, \quad (5)$$

где α_1 – коэффициентом прикосновения, учитывающим форму потенциальной кривой;

$R_{осн}$ – сопротивление основания, Ом.

То есть, общее снижение сопротивление ЗУ при использовании грунтозамещающей смеси ведет и к снижению напряжения прикосновения.

Согласно [22], при нормированной величине сопротивления ЗУ на ферме КРС, напряжение прикосновения будет ниже 12В, и ток, проходящий через тело животного, не превысит безопасного значения (30 мА). Однако при сезонных колебаниях возможно увеличение значения сопротивления более чем в 3 раза [20], а при величине сопротивления более 20 Ом, напряжение прикосновения может превысить безопасное значение [22-23]. Снизив коэффициент сезонности до 1,64, можно добиться со-

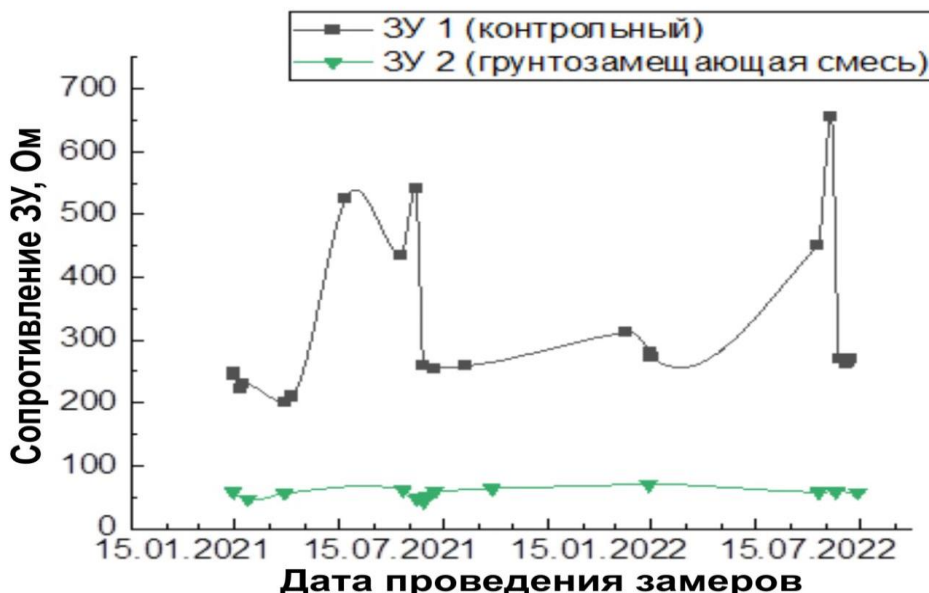


Рисунок 5. Изменение сопротивления (Ом) контрольного (ЗУ1) и экспериментального (ЗУ2) контура заземления

хранения напряжения прикосновения в допустимых пределах в течение всего года.

Таким образом, оптимизация электрофизических параметров грунта является важным способом повышения электробезопасности сельскохозяйственных животных и человека на предприятиях агропромышленного комплекса.

Заключение

Снижение сезонности сопротивления грунта позволяет повысить стабильность работы заземляющих устройств, обеспечить равномерное электрическое сопротивление в течение всего года, а также гарантировать более надежное функционирование электрических систем. Это важно для систем, требующих стабильной электрической проводимости (электроэнергетика, связь, промышленность, сельское хозяйство), и имеет большое значение для достижения продовольственной безопасности и конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции Беларуси.

Возникновение опасных напряжений в местах содержания животных может оказывать вредное воздействие на сельскохозяйственных животных, в зависимости от величины напряжения, типа и продолжительности действия. Даже кратковременное воздействие напряжения шага и напряжения прикосновения переменного тока в нормальном эксплуатационном режиме не должно превышать 0,2 В [1], так как это может вызвать электропатологию сельскохозяйственных животных и привести к изменению их нормального поведения, аппетита. Все перечисленные факторы могут оказывать негативное влияние на здоровье животных, а также их продуктивность и рост.

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант № Т22УЗБ-057).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Защита сельскохозяйственных животных от поражения электрическим током. Общие требования: ТКП 538–2014 (02150). – Минск: Минсельхозпрод, 2014. – 45 с.
2. Сакулин, В.П. Безопасность труда при эксплуатации сельских электроустановок / В.П. Сакулин. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 251 с.
3. Schulze, C. Electrical Injuries in Animals: Causes, Pathogenesis and Morphological Findings / C. Schulze, M. Peters, W. Baumgärtner, P. Wohlsein // *Veterinary Pathology*. – 2016. – № 53 (5). – P. 1018-1029.
4. Шишигин, Д.С. AutoCAD – приложение для расчета молниезащиты и заземления объектов электроэнергетики / Д.С. Шишигин // XII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014, Москва, 16-19 июля 2014 г. / Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. – М., 2014. – С. 9374-9380.
5. Драко, М.А. О разработке смеси на основе гидролизованного полиакрилонитрила для уменьшения удельного электрического сопротивления грунта / М.А. Драко, С.М. Барайшук, И.А. Павлович // *Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики*. – 2021. – Т. 23. – № 1. – С. 80-92.
6. Галушко, В.Н. Надежность электроустановок и энергетических систем: учеб.- метод. пособие / В.Н. Галушко, С.Г. Додолев; Белорус. гос. ун-т транспорта. – Гомель: БелГУТ, 2014. – 154 с.
7. Кучеренко, Д.Е. Влияние особенностей грунта на расчет и проектирование ЗУ / Д.Е. Кучеренко, Д.Н. Грищенко // *Colloquium-Journal*. – 2018. – № 12-6 (23). – С. 84-90.
8. Смирнов, О.В. О некоторых особенностях устройства заземления и расчета молниезащиты / О.В. Смирнов, И.С. Сухачев // *Известия высших учебных заведений. Нефть и газ*. – 2014. – № 2. – С. 102-106.
9. Yan, X. Detection Method for Fast Electrical Impedance Imaging of Grounding Grid Based on Optimized Differential-Multigrid-Homotopy Algorithm. / X. Yan, S. Huang, W.T. Smolik, W. Chen, S.A. Yang // *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*. – 2023. – № 72. – P. 1-14.
10. Михайлова, В.А. Плохо проводящие электрический ток грунты / В.А. Михайлова // *Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки*. – 2013. – Т. 1. – С. 56-58.
11. Pavlovich, I. Ensuring the reliability of energy systems with the application of a new method of decreasing seasonal variations of ground resistance / I Pavlovich, S Baraishuk, A Skripko // *Energy Systems Research*. – 2023. – Vol. 6. – No. 1. – P. 37-40.
12. Барайшук, С.М. Снижение сопротивления заземляющих устройств применением обработки грунта неагрессивными к материалу заземлителя стабилизирующими влажностью добавками / С.М. Барайшук, И.А. Павлович // *Агропанорама*. – 2020. – № 1. – С. 20-23.
13. Снижение сопротивления заземляющих устройств применением обработки грунта неагрессивными к материалу заземлителя стабилизирующими влажностью добавками / С.М. Барайшук [и др.] // *Агропанорама*. – 2021. – № 5. – С. 28-33.
14. Глушко, В.И. Влияние сезонных измерений параметров верхних слоев земли на электрические характеристики заземляющих устройств электроустановок / В.И. Глушко, О.Е. Ямный, Э.П. Ковалев // *Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ*. – 2001. – № 2. – С. 60-68.
15. Временные руководящие указания по проектированию заземляющих устройств подстанций напряжением 3-750 кВ. – М.: Энергосетьпроект, 1979. – 102 с.
16. Руководящие указания по проектированию заземляющих устройств электрических станций и подстанций напряжением 3-750 кВ. – М.: Энергосетьпроект, 1985. – 74 с.
17. Павлович, И.А. Снижение электрического сопротивления заземляющих устройств применением грунтозамещающей смеси на основе графита и гидрогеля для стабилизации электрофизических параметров грунта / И.А. Павлович, С.М. Барайшук // *Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ*. – 2023. – № 66 (4). – С. 322-332.

18. Павлович, И.А. Эффективность смесей для обратной засыпки заземления в районах с низкой среднегодовой температурой / И.А. Павлович, С.М. Барайшук // Перспективные технологии и материалы: материалы Междунар. науч.-практич. конференции, Севастополь, 21-23 сентября 2022 г. / Севастопольский гос. университет. – Севастополь, 2022. – С. 320-322.

19. Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии: ГОСТ 9.602-2016. – Введ. 12.06.2017. – Минск: Белор. гос. институт стандартизации и сертификации, 2017. – 100 с.

20. Методические указания по проектированию заземляющих устройств электрических станций и подстанций напряжением 35-750 кВ. – Минск: Белэнерго, 2007. – 75 с.

21. Леонович, И.И. Глубина промерзания грунтов – важнейший фактор водно-теплого режима земля-

ного полотна / И.И. Леонович, Н.П. Вырко // Строительная наука и техника. – 2011. – № 5. – С. 27-35.

22. Федорчук, А.И. Обеспечение электробезопасности на фермах крупного рогатого скота / А.И. Федорчук // Энергосбережение – важнейшее условие инновационного развития АПК: материалы Междунар. науч.-технич. конференции, Минск, 24-25 ноября 2011 г. / Белор. гос. аграрн. технич. ун-т. – Минск, 2011. – С. 80-82.

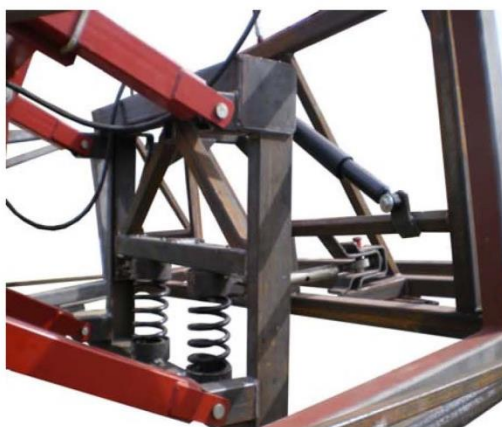
23. Андруш, В.Г. Совершенствование безопасности труда в животноводческой отрасли / В.Г. Андруш, А.Г. Филипович // Наука. Спецвыпуск: «Общественно-научные дисциплины». Современные студенческие исследования: поиски, свершения, перспективы: материалы Междунар. студенческой науч.-практич. конференции, посвященной 20-летию Ассамблеи народа Казахстана. – Костанай: Инженерно-экономический ун-т им. М. Дулатова. – 2015. – № 2. – С. 195-199.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 11.11.2023

Независимая навеска и система стабилизации штанги опрыскивателя «Мекосан-2500-18»

Предназначена для снижения амплитуды колебаний штанги и повышения надежности ее несущей конструкции.

Применение разработки позволяет эффективно гасить колебания штанги, возникающие вследствие движения колес опрыскивателя по неровности поверхности поля, что обеспечивает высокую равномерность распределения пестицидов по обрабатываемому объекту, а также повышение надежности несущей конструкции штанги.



Основные технические данные

Марка машины	Мекосан-2500-18
Производительность за 1 час времени, га:	
- сменного	10,9
- эксплуатационного	10,7
Система навески штанги на остов опрыскивателя	Независимая
Способ крепления рамки штанги к остоу опрыскивателя	Параллелограммная навеска
Амплитуда колебаний краев штанги, м	до 0,1
Рабочая скорость движения, км/ч	9-12
Качество выполнения технологического процесса:	
- неравномерность распределения рабочей жидкости по ширине захвата, %, не более	15
- снижение неравномерности распределения рабочей жидкости по ширине захвата, %, не менее	5
Габаритные размеры опрыскивателя в транспортном положении, мм, не более	6045x2425x2215
Габаритные размеры опрыскивателя в рабочем положении (при высоте установки штанги 600 мм), мм, не более	6045x18250x2215
Дорожный просвет, мм	350
Увеличение массы опрыскивателя, кг	на 120

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОТОЧНЫХ ЭЛЕКТРОДНЫХ ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЕЙ

М.А. Прищепов,

зав. каф. электрооборудования сельскохозяйственных предприятий БГАТУ, докт. техн. наук, профессор

И.Г. Рутковский,

ст. преподаватель каф. электрооборудования сельскохозяйственных предприятий БГАТУ

В статье приведены математические модели для исследования статических и динамических характеристик проточных электродных электронагревателей с плоскопараллельной, секционированной и зонированной электродной системой. Получены аналитические зависимости, описывающие распределение температуры, сопротивления, мощности и плотности тока по длине проточных однозонных электродных электронагревателей с плоскопараллельной электродной системой в статическом режиме работы.

Ключевые слова: проточный электродный электронагреватель, статическая характеристика, динамическая характеристика, плоскопараллельная электродная система, секционированная электродная система, зонированная электродная система.

The article presents mathematical models for the study of static and dynamic characteristics of flow-through electrode electric heaters with a plane-parallel, partitioned and zoned electrode system. Analytical dependences describing the distribution of temperature, resistance, power and current density along the length of flowing single-band electrode electric heaters with a plane-parallel electrode system in static operation were obtained.

Key words: flow-through electrode electric heater, static characteristic, dynamic characteristic, plane-parallel electrode system, partitioned electrode system, zoned electrode system.

Введение

Потребление электрической энергии для тепловых нужд постоянно возрастает. Это отмечают в своих научно-исследовательских работах Кудрявцев И.Ф., Карасенко В.А., Герасимович Л.С. и многие другие ученые [1-3]. При этом в публикациях Кувалдина А.Б., Шишиной Н.Г., Птицыной Е.В. указывается, что электронагревательные установки (ЭНУ) с электродными электронагревателями (ЭЭН) менее взрыво- и пожароопасны и требуют значительно меньших затрат на обслуживание, имеют высокий КПД, незаменимы там, где требуется высокая культура производства, точность поддержания температуры и быстрдействие [4-6].

Проточные ЭЭН могут быть реализованы в виде различных электротепловых схем [2; 4; 5; 7]. Расчет электротепловых процессов (в пространстве и во времени) для этих электротепловых схем требует численного решения соответствующих систем дифференциально-интегральных уравнений с использованием ЭВМ. Вместе с тем для предварительного расчета и анализа работы проточных ЭЭН целесообразно иметь хотя бы статические электротепловые характеристики в аналитическом виде.

Цель данной статьи – разработать математические модели и исследовать статические и динамические характеристики проточных электродных элек-

тронагревателей с плоскопараллельной, секционированной и зонированной электродной системой.

Основная часть

В настоящее время разработаны разнообразные варианты ЭНУ с ЭЭН. Для исследования электротепловых процессов в ЭЭН с плоскими электродными системами достаточно математических моделей ЭЭН с плоскопараллельной электродной системой, ЭЭН с секционированной и ЭЭН-Д с зонированной электродной системой (рис. 1), которые можно адаптировать к конкретным электротепловым схемам ЭЭН.

Электротепловые процессы, происходящие в проточном однозонном ЭЭН с плоскопараллельной электродной системой, в ЭЭН с секционированной и ЭЭН-Д с зонированной электродной системой (рис. 1), вдоль канала протекания среды во времени, описываются следующим дифференциальным уравнением [7]:

$$C_p \cdot \rho_c \cdot H(x) \cdot \Pi(x) \frac{\partial \theta_c}{\partial \tau} + C_p \cdot G \frac{\partial \theta_c}{\partial x} = \frac{U^2(x) \cdot \Pi(x) \cdot \eta}{\rho_l(\theta_c) \cdot H(x)}, \quad (1)$$

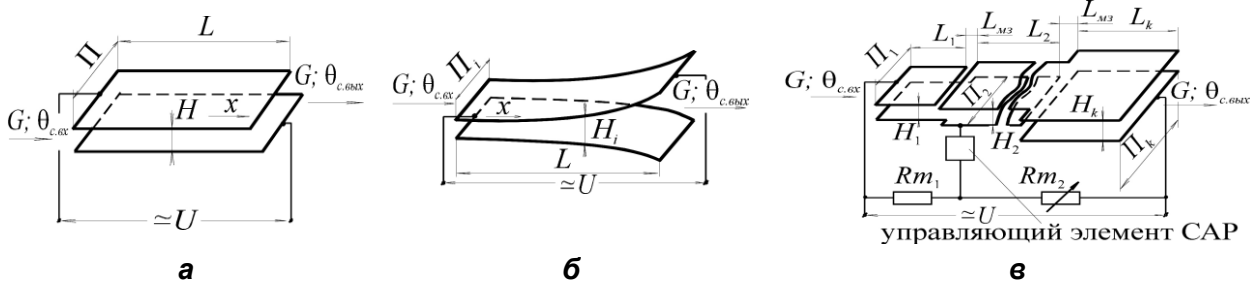


Рисунок 1. Типовые электротепловые схемы проточных ЭЭН: с плоскопараллельной электродной системой (а); с секционированной (б) и зонированной (в) электродной системой (ЭЭН-Д): САР – система автоматического регулирования; L – длина электродов ЭЭН с плоскопараллельной электродной системой и секционированного ЭЭН (L_1, L_2, L_N – ЭЭН-Д), м; N – количество последовательно соединенных зон (на единицу меньше количества электродов электродной системы ЭЭН-Д); H – межэлектродное расстояние ЭЭН с плоскопараллельной электродной системой (H_i – секционированного ЭЭН; H_1, H_2, H_N – ЭЭН-Д), м; Π – ширина электродов ЭЭН с плоскопараллельной электродной системой ЭЭН (Π_i – секционированного ЭЭН; Π_1, Π_2, Π_N – ЭЭН-Д), м; $\theta_{c,вх}, \theta_{c,вых}$ – температура на входе и на выходе ЭЭН, ЭЭН-Д, °С; Rm_1, Rm_2 – термнезависимые сопротивления измерительного моста ЭЭН-Д, Ом; G – массовый расход обрабатываемой среды, кг/с; U – напряжение питания, В

где C_p – удельная теплоемкость обрабатываемой среды, Дж/(кг·°С);

ρ_c – плотность обрабатываемой среды, кг/м³;

$H(x)$ – межэлектродное расстояние на расстоянии x от начала ЭЭН, ЭЭН-Д ($H(x)=H$ – при расчете электротепловых процессов в ЭЭН с плоскопараллельной электродной системой), м;

x – текущая длина от начала ЭЭН, ЭЭН-Д, м;

$\Pi(x)$ – ширина электродов на расстоянии x от начала ЭЭН, ЭЭН-Д ($\Pi(x)=\Pi$ – при расчете электротепловых процессов в ЭЭН с плоскопараллельной электродной системой), м;

θ_c – температура обрабатываемой среды, °С;

G – массовый расход обрабатываемой среды, кг/с;

U_i – напряжение питания на i -й секции (зоне) электронагревателя ($U(x)=U$ – при расчете электротепловых процессов в ЭЭН с плоскопараллельной электродной системой и секционированном ЭЭН), В;

η – коэффициент полезного действия, о.е.;

ρ_t – удельное сопротивление обрабатываемой среды, Ом·м.

При описании электротепловых процессов в проточном ЭЭН-Д с зонированной электродной системой (рис. 1в) к уравнению (1), записанному для i -го участка (секции) любой k -й зоны, необходимо дополнить систему уравнений для вычисления напряжения U_k на k -й зоне ЭЭН [7]:

$$\left\{ \begin{array}{l} U_k = \sum_{k=1}^N I \cdot R_k; \\ I = U / R; \quad R = \sum_{k=1}^N R_k; \\ R_k = \frac{\int_0^{L_k} \rho_t(\theta_c) dx \cdot \int_0^{L_k} H_k dx}{\int_0^{L_k} \Pi_k dx \cdot L_k^2}, \end{array} \right. \quad (2)$$

где U_k – напряжение на k -й зоне ЭЭН-Д, В;

I – текущее значение полного тока ЭЭН-Д, А;

R_k – сопротивление k -й зоны ЭЭН-Д, Ом;

R – полное сопротивление ЭЭН-Д, Ом;

H_k, Π_k – межэлектродное расстояние и ширина электродов зон ЭЭН-Д, м;

L_k – длина электродов k -й зоны ЭЭН-Д, м.

Расчет величины информационного сигнала (ИС) в измерительной диагонали моста ЭЭН-Д ΔU (рис. 1в) проводится по выражению [2; 8]:

$$\Delta U = U \cdot R_{pr} \times \frac{Rm_3 \cdot Rm_2 - Rm_4 \cdot Rm_1}{Rm_{12} \cdot R_{pr} \cdot R + Rm_3 \cdot Rm_4 \cdot Rm_{12} + Rm_1 \cdot Rm_2 \cdot R} \quad (3)$$

где R_{pr} – внутреннее сопротивление измерительного прибора, Ом;

Rm_3, Rm_4 – термозависимые сопротивления ЭЭН-Д, образующие мостовую измерительную схему, Ом;

$Rm_{12}=Rm_1+Rm_2$ – сумма термнезависимых сопротивлений мостовой измерительной схемы, Ом.

Решение дифференциального уравнения (1) в частных производных проводилось численно [7; 9-11]. Для решения уравнения (1), $H(x)$, $\Pi(x)$ и $U(x)$ необходимо задавать на дискретных участках, т.е. при $H(x)=H_i$, $\Pi(x)=\Pi_i$ и $U(x)=U_i$, а затем использовать следующую конечно-разностную схему аппроксимации дифференциального уравнения:

$$\begin{aligned} & C_p \cdot \rho_c \cdot H_i \cdot \Pi_i \frac{\theta_{l+1}^{n+1} - \theta_l^{n+1}}{\tau_i} + \\ & + C_p \cdot G \cdot \sigma \frac{\theta_{l+1}^{n+1} - \theta_{l-1}^{n+1}}{2 \cdot h} + \\ & + C_p \cdot G \cdot (1 - \sigma) \frac{\theta_{l+1}^n - \theta_{l-1}^n}{2 \cdot h} = \end{aligned}$$

$$= \frac{U^2 \cdot \Pi_l \cdot \eta}{\rho_l(\theta_c) \cdot H_l}, \quad (4)$$

где θ_l^{n+1} – температура обрабатываемой среды на l -й секции, $n+1$ -м расчетном (текущем) шаге, °С;

θ_l^n – температура обрабатываемой среды на l -й секции, n -м расчетном (предыдущем) шаге, °С;

θ_{l+1}^{n+1} – температура обрабатываемой среды на $l+1$ -й секции, $n+1$ -м расчетном (текущем) шаге, °С;

θ_{l-1}^{n+1} – температура обрабатываемой среды на $l-1$ -й секции, $n+1$ -м расчетном (текущем) шаге, °С;

θ_{l+1}^n – температура обрабатываемой среды на $l+1$ -й секции, n -м расчетном (предыдущем) шаге, °С;

θ_{l-1}^n – температура обрабатываемой среды на $l-1$ -й секции, n -м расчетном (предыдущем) шаге, °С;

σ – вещественный параметр, определяющий удельный «вес» предыдущего и текущего шага при расчете;

h – величина шага по направлению x , м;

τ_i – величина шага по времени x , с.

Для решения алгебраической системы уравнений преобразуем конечно-разностную схему (3) к виду, обеспечивающему построение системы алгебраических уравнений с трехдиагональной матрицей:

$$\theta_{l-1}^{n+1} - \frac{2 \cdot \rho_c \cdot H_l \cdot \Pi_l \cdot h}{G \cdot \sigma \cdot \tau_i} \theta_l^{n+1} - \theta_{l+1}^{n+1} = -F_l^n, \quad (5)$$

где

$$F_l^n = \frac{\sigma - 1}{\sigma} (\theta_{l+1}^n - \theta_{l-1}^n) + \frac{2 \cdot \rho_c \cdot H_l \cdot \Pi_l \cdot h}{G \cdot \sigma \cdot \tau_i} \theta_l^n + \frac{2 \cdot U^2 \cdot \Pi_l \cdot h \cdot \eta}{\rho_l(\theta_c) \cdot H_l \cdot C_p \cdot G \cdot \sigma}. \quad (6)$$

При этом производная по x аппроксимировалась в виде полусуммы конечно-разностных соотношений на n -м и $(n+1)$ -м временных слоях. Поскольку уравнение нелинейное, то на каждом шаге по времени его необходимо решать методом приближений (итераций). На каждом шаге по времени строится итерационный процесс и производится уточнение параметров ($\rho_l(\theta_c)$, R , I , θ_c) в зависимости от температуры среды θ_l^{n+1} . Устойчивость итерационного процесса контроли-

ровалась по числу итераций, необходимых для получения требуемой точности расчета температуры. Если число итераций на расчетном временном слое превышает заданное максимальное их число ($N_{\max} \approx 7 \dots 10$), то временной шаг уменьшается в два раза, и расчет повторяется для этого временного слоя с уменьшенным шагом. Если же необходимая точность вычислительно-го процесса достигается за число итераций, меньшее минимального числа ($N_{\min} \approx 2 \dots 3$), то этот временной слой рассчитывается с шагом, в 1,3 раза большим предыдущего. В том случае, если число итераций IM находится в пределах $N_{\min} \leq IM \leq N_{\max}$, то очередной ($n+1$ -й) слой рассчитывается с шагом n -го слоя. Соблюдение данного условия приводит к ведению вычислительного процесса с переменным шагом по времени. При этом достигается высокая адекватность математической модели расчета статических и динамических характеристик и реального процесса нагрева.

Расчет статических и динамических электротепловых характеристики ЭЭН, ЭЭН-Д при нагреве обрабатываемой среды проводится по блок-схеме алгоритма (рис. 2). В приведенной блок-схеме алгоритма приняты следующие обозначения:

P – мгновенное значение мощности электронагревателя, Вт;

τ^n – текущее время расчета, с;

T_s – время расчета, с;

θ_{cl}^n – температура обрабатываемой среды на l -й секции, $n+1$ -м расчетном (текущем) шаге, °С;

θ_{pcl}^n – температура обрабатываемой среды на l -й секции, n -м расчетном (предыдущем) шаге, °С;

N_l – количество секций ЭЭН-Д;

i – переменная цикла шага по времени.

Разработанные математические модели позволяют проводить расчет электротепловых характеристик, включая и величину ИС ЭЭН-Д, с погрешностью, не превышающей 4,3-8,3% относительно экспериментальных данных. Кроме того, результаты экспериментальной проверки адекватности разработанных математических моделей показали, что при разработке конструкции ЭНУ с ЭЭН-Д необходимо учитывать взаимное влияние соседних зон нагрева друг на друга. Это взаимное влияние выражается в протекании токов через обрабатываемую среду между зонами нагрева L_{M3} (рис. 1в). Увеличение расстояния между этими зонами L_{M3} (рис. 1в) до величины, не менее 4-х межэлектродных расстояний H_k , приводит к снижению величины этих токов и сопровождается повышением равномерности нагрева обрабатываемой среды в межэлектродном пространстве, что важно учитывать при проектировании ЭНУ. Быстротечность процессов нагрева в ЭЭН, ЭЭН-Д вызывает необходимость использования сложных схем регулирования температуры обрабатываемой среды (ПД, ПИД регуляторов, систем регулирования на основе микроконтроллеров или ЭЭН-Д). Повышение эффективности работы ЭНУ на базе многозонных ЭЭН-Д достигается за счет наличия в них внутренних обратных связей, обеспечивающих перераспределение мощности и контроль температурного поля при нагреве обрабатываемой среды.

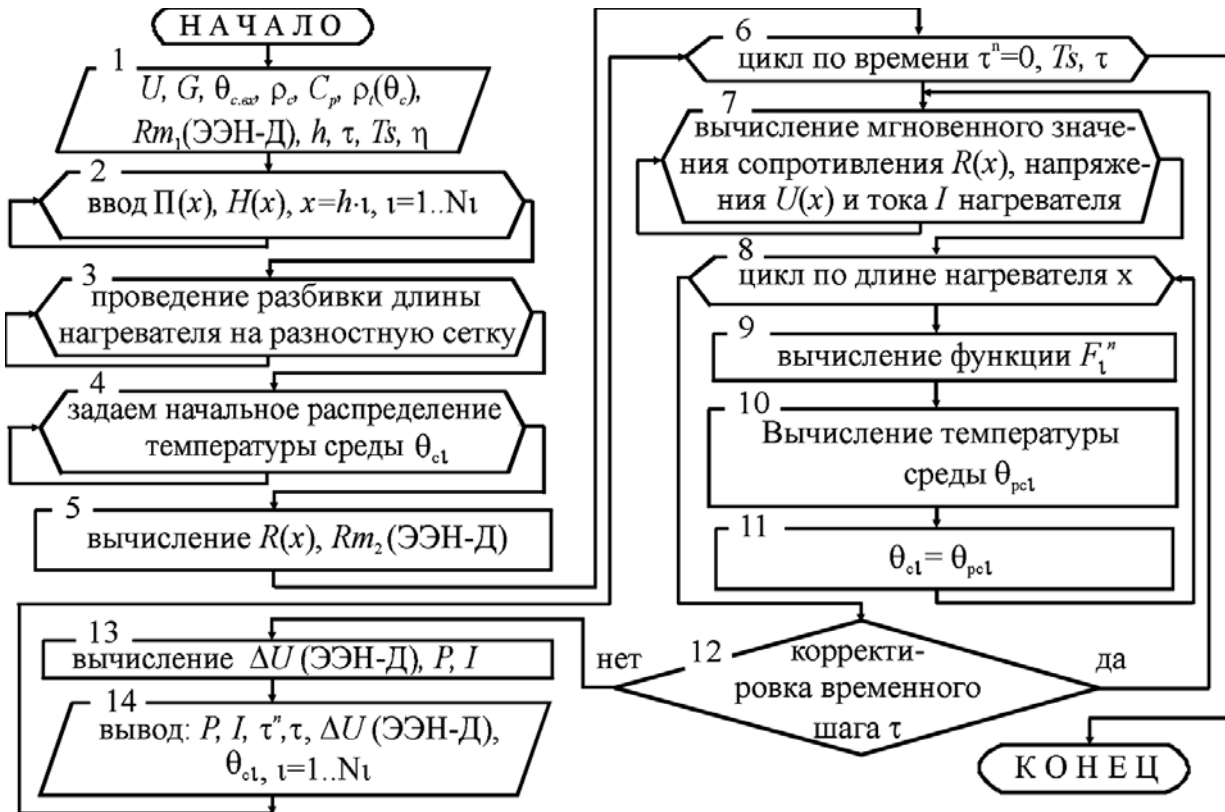


Рисунок 2. Алгоритм расчета статических и динамических характеристик основных электротепловых схем проточных ЭЭН, ЭЭН-Д

Разработанная математическая модель основных электротепловых схем проточных ЭЭН описывает происходящие в них электротепловые процессы и позволяет рассчитывать статические и динамические электротепловые характеристики ЭЭН. Однако для расчета конструктивных параметров ЭЭН не всегда возникает необходимость использования динамических характеристик. Как правило, достаточно иметь статические электротепловые характеристики в аналитическом виде.

Для ЭЭН с плоскопараллельной электродной системой при $\partial\theta_c/\partial\tau=0$, $H(x)=H=\text{const}$, $\Pi(x)=\Pi=\text{const}$, $U(x)=U=\text{const}$ и $\rho_s(\theta_c)=1/(\gamma_0 \cdot (1+\alpha_{\Pi} \cdot \theta_c))$,

где γ_0 – удельная электрическая проводимость обрабатываемой среды, $(\text{Ом} \cdot \text{м})^{-1}$;

α_{Π} – температурный коэффициент проводимости обрабатываемой среды, $1/^\circ\text{C}$ уравнение (1) примет вид:

$$C_p \cdot G \frac{d\theta_c}{dx} = \frac{U^2 \cdot \Pi \cdot \eta \cdot \gamma_0 (1 + \alpha_{\Pi} \cdot \theta_c)}{H}. \quad (7)$$

Далее выражение (7) представим в виде:

$$\frac{d\theta_c}{1 + \alpha_{\Pi} \cdot \theta_c} = \frac{U^2 \cdot \Pi \cdot \eta \cdot \gamma_0}{C_p \cdot G \cdot H} dx. \quad (8)$$

После разделения переменных выражение (8) проинтегрируем:

$$\int_{\theta_c(0)}^{\theta_c(x)} \frac{d\theta_c}{1 + \alpha_{\Pi} \cdot \theta_c} = \int_0^x \frac{U^2 \cdot \Pi \cdot \eta \cdot \gamma_0}{C_p \cdot G \cdot H} dx. \quad (9)$$

Введем обозначение $y_c = 1 + \alpha_{\Pi} \cdot \theta_c$ и из него выразим $\theta_c = (y_c - 1) / \alpha_{\Pi}$.

С учетом проведенных преобразований выражение (9) примет вид:

$$\int_{1 + \alpha_{\Pi} \cdot \theta_{cn}}^{1 + \alpha_{\Pi} \cdot \theta_c(x)} \frac{d\left(\frac{y_c - 1}{\alpha_{\Pi}}\right)}{y_c} = \int_0^x \frac{U^2 \cdot \Pi \cdot \eta \cdot \gamma_0}{C_p \cdot G \cdot H} dx. \quad (10)$$

Преобразуем выражение (10) к виду:

$$\frac{1}{\alpha_{\Pi}} \int_{1 + \alpha_{\Pi} \cdot \theta_{cn}}^{1 + \alpha_{\Pi} \cdot \theta_c(x)} \frac{dy_c}{y_c} = \int_0^x \frac{U^2 \cdot \Pi \cdot \eta \cdot \gamma_0}{C_p \cdot G \cdot H} dx. \quad (11)$$

Проинтегрируем выражение (11) и получим:

$$\ln(y) \Big|_{1 + \alpha_{\Pi} \cdot \theta_{cn}}^{1 + \alpha_{\Pi} \cdot \theta_c(x)} = \alpha_{\Pi} \frac{U^2 \cdot \Pi \cdot \eta \cdot \gamma_0}{C_p \cdot G \cdot H} x. \quad (12)$$

После преобразований выражение (12) примет вид:

$$\ln \left(\frac{1 + \alpha_{\Pi} \cdot \theta_c(x)}{1 + \alpha_{\Pi} \cdot \theta_{cn}} \right) = \alpha_{\Pi} \frac{U^2 \cdot \Pi \cdot \eta \cdot \gamma_0}{C_p \cdot G \cdot H} x. \quad (13)$$

Запишем выражение (13) в экспоненциальном виде:

$$\frac{1 + \alpha_{\Pi} \cdot \theta_c(x)}{1 + \alpha_{\Pi} \cdot \theta_{cn}} = e^{\frac{U^2 \cdot \Pi \cdot \eta \cdot \gamma_0}{C_p \cdot G \cdot H} \alpha_{\Pi} \cdot x}. \quad (14)$$

Из выражения (14) получим распределение температуры обрабатываемой среды по длине ЭЭН с плоскопараллельной электродной системой:

$$\theta_c(x) = \frac{\left((1 + \alpha_{\Pi} \cdot \theta_{cn}) e^{\frac{U^2 \cdot \Pi \cdot \eta \cdot \gamma_0}{C_p \cdot G \cdot H} \alpha_{\Pi} \cdot x} \right) - 1}{\alpha_{\Pi}} \quad (15)$$

При электродном нагреве ограничивается допустимая плотность тока $J(x)$ в обрабатываемой среде межэлектродного пространства. Для определения режимов работы ЭЭН необходимо также знать распределение мощности $W(x)$ и сопротивления $R(x)$ по длине x нагревателя.

Сопротивление $R_{\Delta xi}$ участков Δx_i обрабатываемой среды ЭЭН с плоскопараллельной электродной системой при линейной зависимости $\rho_t(\theta_c)$ вычисляется по формуле:

$$R_{\Delta xi} = \frac{\rho_0 (1 + \alpha_{\Pi} \cdot \theta_{c.sp.xi}) H}{\Pi \cdot \Delta x_i}, \quad (16)$$

где Δx_i – длина i -го участка ЭЭН, м;

$\theta_{c.sp.xi}$ – средняя температура обрабатываемой среды i -го участка, °С.

Распределение сопротивления $R(x)$ по длине секционированного ЭЭН:

$$R(x) = \frac{\rho_t(\theta_{c.sp.xi}) H_{xi}}{\Pi_{xi} \cdot \Delta x_i}, \quad (17)$$

где H_{xi} , Π_{xi} – межэлектродное расстояние и ширина электродов, соответственно, на длине x от начала ЭЭН, м.

Аналогично, распределение сопротивления $R_k(x_k)$ по длине одной из зон многозонного ЭЭН-Д:

$$R_k(x_k) = \frac{\rho_t(\theta_{c.sp.xi.k}) H_k}{\Pi_k \cdot \Delta x_{ki}}, \quad (18)$$

где x_k – текущая длина зоны ЭЭН-Д от ее начала, м.

$\theta_{c.sp.xi.k}$ – средняя температура обрабатываемой среды i -го участка зоны, °С.

Мощность нагрева участков Δx_i ЭЭН с плоскопараллельной электродной системой при линейной зависимости $\rho_t(\theta_c)$ определяется по формуле:

$$W_{\Delta xi} = \frac{U^2 \cdot \Pi \cdot \Delta x_i}{\rho_0 (1 + \alpha_{\Pi} \cdot \theta_{c.sp.xi}) H}. \quad (19)$$

Распределение мощности нагрева по длине секционированного ЭЭН:

$$W(x) = \frac{U^2 \cdot \Pi_{xi} \cdot \Delta x_i}{\rho_t(\theta_{c.sp.xi}) H_{xi}}. \quad (20)$$

Распределение мощности нагрева по длине одной из k -х зон многозонного ЭЭН-Д:

$$W_k(x_k) = \frac{U_k^2 \cdot \Pi_k \cdot \Delta x_{ki}}{\rho_t(\theta_{c.sp.xi.k}) H_k}. \quad (21)$$

Аналитически также можно провести расчет изменения плотности тока по длине ЭЭН с плоскопараллельной электродной системой по формуле:

$$J(x) = \frac{U}{R_{\Delta xi} \cdot \Pi \cdot \Delta x_i}. \quad (22)$$

Сопротивление участка Δx_i обрабатываемой среды в межэлектродном пространстве при линейной зависимости проводимости от температуры вычисляется по формуле:

$$R_{\Delta xi} = \frac{H}{\gamma_0 (1 + \alpha_{\Pi} \cdot \theta_c(x)) \Pi \cdot \Delta x_i}. \quad (23)$$

Тогда формула (22) с учетом выражения (23), преобразуется к следующему виду:

$$J(x) = \frac{\gamma_0 (1 + \alpha_{\Pi} \cdot \theta_c(x)) U}{H}. \quad (24)$$

С учетом выражения (15), после математических преобразований формула расчета изменения плотности тока по длине ЭЭН с плоскопараллельной электродной системой примет вид:

$$J(x) = \frac{(1 + \alpha_{\Pi} \cdot \theta_{cn}) U \cdot \gamma_0}{H} \times e^{\frac{U^2 \cdot \Pi \cdot \alpha_{\Pi} \cdot \gamma_0 \cdot \eta}{H \cdot C_p \cdot G} x}. \quad (25)$$

Анализ полученных зависимостей позволяет отметить, что изменение температуры и плотности тока в обрабатываемой среде по длине ЭЭН с плоскопараллельной электродной системой описывается экспоненциальным законом, зависит от конструктивных параметров ЭЭН и электро-теплофизических характеристик обрабатываемой среды.

Заключение

1. Разработана математическая модель и алгоритм теоретического исследования основных электротепловых схем ЭЭН, ЭЭН-Д, которые могут быть применены для создания ЭНУ с заданным распределением плотности тока в среде межэлектродного пространства на базе секционированных и зонированных

ЭЭН, ЭЭН-Д, а также их эффективного использования. Теоретические и экспериментальные исследования процессов в ЭЭН, ЭЭН-Д показывают, что их динамические характеристики имеют экспоненциальный вид, на который существенное влияние оказывают коэффициенты сопротивления (проводимости) обрабатываемой среды, а также секционирование и зонирование электродных систем ЭЭН, ЭЭН-Д.

2. Полученные аналитические статические характеристики проточных ЭЭН с плоскопараллельной электродной системой, описывающие распределение температуры $\theta(x)$, сопротивления $R(x)$, мощности $W(x)$ и плотности тока $J(x)$ по длине ЭЭН, также имеют экспоненциальные зависимости, определяемые их конструктивными параметрами и теплофизическими характеристиками обрабатываемой среды.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кудрявцев, И.Ф. Электрический нагрев и электротехнология / И.Ф. Кудрявцев, В.А. Карасенко. – Минск: Колос, 1975. – 384 с.

2. Прищепов, М.А. Основы термозависимого резистивного электронагрева в технологических процессах сельскохозяйственного производства. – Минск: БАТУ, 1999. – 295 с.

3. Герасимович, Л.С. Разработка научно-технических основ низкотемпературного поверхностно-распределенного электронагрева в сельском хозяйстве: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.20.02 / Л.С. Герасимович. – Челябинск, 1982. – 45 с.

4. Шишинина, Н.Г. Сравнительная характеристика электродных водонагревателей для сельскохозяйственного производства / В.А. Глухарев, Н.Г. Шишинина // Вестник Саратовского гос. аграрного университета им Н.И. Вавилова. – 2007. – № 2. – С. 48-50.

5. Птицына, Е.В. Низковольтные электродные водоподогреватели с питанием током сложной формы / Е.В. Птицына, Д.В. Птицын, А.Б. Кувалдин // Омский научный вестник. – 2018. – № 2 (158) С. 20-27.

6. Прищепов, М.А. К вопросу анализа чувствительности зонированных электродных электронагревателей-датчиков / М.А. Прищепов, И.Г. Рутковский // Моделирование сельскохозяйственных процессов и машин: тезисы второй республиканской науч.-техн. конференции, 21-23 мая 1996 г. – Минск: БАТУ, 1996. – С. 22.

7. Герасимович, Л.С. Математическое моделирование динамических характеристик секционированных проточных электродных электронагревателей / Л.С. Герасимович, М.А. Прищепов, И.Г. Рутковский // Проблемы развития энергетики и электрификации АПК: сборник науч. тр. / БелНИИагроэнерго. – Минск, 1994. – С. 17-25.

8. Прищепов, М.А. Оптимизация информационной чувствительности емкостных электродных электронагревателей-датчиков / М.А. Прищепов, И.Г. Рутковский, Wojciech Tanas // Aktualne problemy inzynierii rolniczej w aspekcie integracji Polski z unia Europejska: Jubileuszowa miedzynarodowa konferencja naukowa, XXX lat Wydzialu Techniki Rolniczej AR w Lublinie, Lublin, 13-14 wrzesnia 2000 r. – Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Lublinie, 2000. – S. 151-153.

9. Годунов, С.К. Разностные схемы (введение в теорию) / С.К. Годунов, В.С. Рябенский. – М., 1977. – 440 с.

10. Берковский, Б.М. Разностные методы исследования задач теплообмена / Б.М. Берковский, Е.Ф. Ноготов. – Минск: Навука і тэхніка, 1976. – 144 с.

11. Турчак, Л.И. Основы численных методов / Л.И. Турчак. – М.: Наука. (гл. ред. физ.-мат. лит.), 2002. – 300 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 11.12.2023

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 «Минийтовский 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

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ И ПРОБЛЕМЫ ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ МОЛОЧНОГО СКОТОВОДСТВА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

А.Э. Шибeko,

доцент каф. экономической теории и права БГАТУ, канд. экон. наук, доцент

С.Л. Кулагин,

соискатель Академии управления при Президенте Республики Беларусь

В статье выявлены современные тенденции развития молочного скотоводства в Республике Беларусь. Показана эффективность производства молока в сельскохозяйственных организациях. Раскрыты проблемы перевода молочной отрасли на промышленную основу и предложены возможные варианты их решения.

Ключевые слова: молочное скотоводство, интенсификация, технико-технологическая модернизация, кормопроизводство, продуктивность, технологические регламенты, качество молока, себестоимость, экономическая эффективность, проблемы развития.

The paper reveals the current trends in the development of dairy cattle breeding in the Republic of Belarus and shows the efficiency of milk production in agricultural organizations. The problems of transferring the dairy industry to an industrial basis are revealed and possible solutions are proposed.

Key words: dairy cattle breeding, intensification, technical and technological modernization, fodder production, productivity, technological regulations, milk quality, production cost, economic efficiency, development problems.

Введение

Современное развитие агропромышленного комплекса Беларуси характеризуется инновационной направленностью, необходимостью достижения высоких конечных результатов с минимальными затратами.

Стратегической отраслью и локомотивом устойчивого экономического развития сельского хозяйства республики традиционно является молочное скотоводство, которым занимаются практически все сельскохозяйственные организации. Этому способствуют относительно благоприятные природно-климатические условия, значительные площади кормовых угодий и развитое травосеяние на пахотных землях.

Производство молока в большинстве сельскохозяйственных организаций определяет специализацию производства, является основным источником стабильного поступления финансовых средств, и в значительной степени влияет на уровень их экономического развития. В структуре выручки от реализации сельскохозяйственной продукции на долю молока приходится свыше 40 %. На интенсификацию отрасли и ее развитие направляется почти 30 % материально-денежных средств, вкладываемых в развитие аграрного сектора, 45 % скармливаемых кормов и используется 22 % трудовых ресурсов, занятых в сельскохозяйственном производстве. От реализации молока большинство крупнотоварных сельскохозяйственных организаций ежегодно получают свыше 50 % выручки и более 60 % общей суммы прибыли от реализации сельскохозяйственной продукции [1, 2].

Цельное молоко является сырьем для производства молочных продуктов питания с высокой добавленной стоимостью и наиболее востребовано как на внутреннем, так и на внешних агропродовольственных рынках.

Согласно отчетам ФАО и Евростата, по среднедушевому потреблению готовых жидких молочных продуктов Беларусь занимает первое место среди 18 ведущих стран мирового молочного рынка. География экспорта молочной продукции включает 50 стран мира [3].

Республика Беларусь, производя 1 % мирового объема производства молока, входит в ТОП-5 стран ведущих экспортеров молочной продукции и в мировом рейтинге занимает:

– третье место по маслу (после Новой Зеландии и ЕС); молоку сгущенному (после ЕС и Малайзии); молочной сыворотке сухой и продуктам на ее основе (после ЕС и США);

– четвертое место по сыру (после ЕС, США, Новой Зеландии);

– пятое место по сухому обезжиренному молоку (после США, ЕС, Новой Зеландии, Австралии).

Молочная продукция – важная статья экспортных доходов государства. На ее долю приходится свыше 42 % экспортной выручки от реализации продуктов питания и сельскохозяйственного сырья. В стоимостном выражении экспорт молочной продукции в 2022 г. впервые превысил 8,3 млрд долл. США, что на 24,2 % больше уровня 2021 года.

Учитывая значимость отрасли, приоритет в экспорте молочной продукции, безусловно, сохранится и в ближайшей, и долгосрочной перспективе.

Проблемам инновационного развития молочной отрасли и повышению эффективности производства молока посвящены научные труды отечественных и зарубежных ученых – Гавриченко Н.И., Горбатовского А.В., Горбатовской О.Н., Шпака А.П., Яковчика Н.С., Волостнова Н.С., Ганина Д.В. и других [4-9]. Они исследовали различные аспекты данной проблемы, внесли много ценных и важных предложений.

Несмотря на научные разработки, рекомендации и достигнутые успехи в развитии отрасли, при переводе молочного скотоводства на промышленную основу имеются и проблемы, требующие решения.

Цель работы – провести анализ эффективности развития молочной отрасли республики, выявить проблемы, сдерживающие ее инновационное развитие, и определить возможные пути их решения.

Основная часть

В настоящее время молочное скотоводство Беларуси развивается в 1188 крупнотоварных сельскохозяйственных организациях, которые производят 96 % общереспубликанского объема производства молока [10].

За последние годы в сельскохозяйственных организациях республики проведена значительная работа по увеличению поголовья крупного рогатого скота и молочного стада (табл.1).

Данные, приведенные в табл. 1, показывают, что за исследуемый период поголовье крупного рогатого скота в сельскохозяйственных организациях республики увеличилось на 6,3 % и по состоянию на 01.01.2023 г. составило 4,1 млн гол., а молочных коров – на 11,2 % и 1,4 млн гол. соответственно. Тенденция роста поголовья крупного рогатого скота четко прослеживается по всем регионам республики, за исключением Витебской и Могилевской областей.

В Республике Беларусь накоплен положительный опыт интенсификации молочного скотоводства. Определена стратегия его развития на перспективу на основе концентрации поголовья дойного стада на крупных молочно-товарных фермах (МТФ) и комплексах (МТК), на которых применяются инновационные технологии кормления и содержания коров, а доение проводится в доильных залах с автоматизированными компьютерными программами и роботизированными комплексами.

С 2016 по 2022 гг. в результате реализации государственных и отраслевых программ по развитию молочной отрасли, в сельскохозяйственных организациях проведена реконструкция 457 действующих молочно-товарных ферм и построено 150 новых молочно-товарных комплексов с использованием современного доильного оборудования лучших мировых и отечественных брендов («Westfalia», «DeLaval», «Унибокс», «Гомельагрокомплект»).

Динамика модернизации материально-технической базы молочной отрасли республики показана в табл. 2. Анализ данных подтверждает тенденцию перевода молочного скотоводства республики на промышленную основу путем увеличения количества молочно-товарных комплексов, оборудованных современными доильными залами и роботизированными комплексами. Так, за 2010-2022 гг. их количество возросло почти в 2,7 раза и составило 1602 ед., при одновременном сокращении в 2,5 раза молочно-товарных ферм, оборудованных молокопроводами, с 4 368 до 1 717.

Внедрение в молочной отрасли инновационных технологий позволило сократить численность операторов машинного доения на 19 324 чел. и одновременно увеличить нагрузку поголовья дойного стада в 2,5 раза, с 36 до 89 гол., а производство молока на одного оператора машинного доения довести до 496 т.

В настоящее время в республике на 1 602 молочно-товарных комплексах промышленного типа производится 71,2 % всего объема производства молока (табл. 3).

Современное оснащение молочно-товарных комплексов предусматривает применение многофункциональных инструментов управления на роботизированных комплексах, электроники и сенсорных датчиков. При помощи такого оборудования появляется возможность измерения содержания жира, протеина, мочевины, лактозы и других элементов в молоке в процессе доения животных.

В результате проведения технико-технологической модернизации молочное скотоводство приобрело ярко выраженный индустриальный характер, что позволило перевести отрасль на новый технологический уклад.

О преимуществах промышленных технологий производства молока можно судить по уровню реализации генетического потенциала продуктивности коров (табл. 4).

Таблица 1. Динамика поголовья крупного рогатого скота и молочного стада в сельскохозяйственных организациях Республики Беларусь, 2010-2023 гг., тыс. гол. (на начало года)

Области	Всего КРС			2023 г. к 2010 г.		Молочное стадо			2023 г. к 2010 г.	
	2010	2015	2023	+, -	%	2010	2015	2023	+, -	%
Брестская	730	831	872	142	119,5	239	285	292	53	122,1
Витебская	586	578	506	-80	86,4	198	205	175	-23	88,5
Гомельская	593	669	608	15	102,5	190	215	206	16	108,5
Гродненская	608	667	687	79	112,9	173	219	215	42	124,1
Минская	857	922	945	83	110,2	285	326	324	39	114,0
Могилевская	512	562	512	-	100,0	155	183	166	11	107,2
По республике	3886	4229	4130	244	106,3	1240	1433	1378	138	111,2

Примечание. Составлена по данным [11]

Таблица 2. Динамика модернизации материально-технической базы молочной отрасли сельскохозяйственных организаций Республики Беларусь

Наименование показателей	Ед. изм.	2010 г.	2022 г.	2022 г. к 2010 г.	
				+, -	%
Наличие МТФ – всего, в т.ч.:	ед.	4960	3319	-1641	66,9
с доильными залами и роботами	ед.	592	1602	1010	270,6
с молокопроводами	ед.	4368	1717	-2651	39,3
Удельный вес МТФ с доильными залами и роботами в общем количестве	%	11,9	48,3	36,4 п. п.	-
Удельный вес МТФ с молокопроводами в общем количестве	%	88,1	51,7	-36,4 п. п.	-
Среднегодовая численность молочных коров	тыс. гол.	1268,2	1378,3	110,1	108,7
Производство молока	тыс.т	5734,8	5460,8	1930,2	133,6
Средний размер одной МТФ	гол.	256	415	159	162,1
Численность операторов машинного доения	чел.	34787	15463	-19324	44,4
Нагрузка поголовья коров на одного оператора машинного доения	гол.	36	89	53	247,2
Производство молока на одного оператора машинного доения	т	165	496	331	300,6

Примечание. Составлена по данным Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь

Таблица 3. Объемы производства молока на молочно-товарных комплексах, оборудованных доильными залами и роботизированными комплексами, в разрезе областей Республики Беларусь в 2022 г.

Области	Наличие МТФ – всего	в т.ч. МТК с доильными залами и роботами	в % к общему наличию МТФ	Произведено молока на МТК с доильными залами и роботами	
				тыс. т	в % к общему объему производства молока
Брестская	544	374	68,8	1646,7	82,9
Витебская	592	117	19,8	319,7	45,1
Гомельская	555	244	44,0	459,7	53,8
Гродненская	446	265	59,4	1193,6	84,3
Минская	752	330	43,9	1308,2	64,5
Могилевская	430	272	63,3	532,9	79,1
По республике	3319	1602	48,3	5460,8	71,2

Примечание. Составлена авторами по данным Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь

Приведенные данные за 2020-2022 гг. по среднегодовому удою молока от одной коровы свидетельствуют о более высокой продуктивности дойного стада на молочно-товарных комплексах, работающих на промышленной основе, по сравнению с достигну-

тыми среднеобластными показателями.

Так, удой молока на одну корову на молочно-товарных комплексах республики в 2022 г. составил 6 038 кг молока, что на 513 кг (9,3 %) выше средне-республиканского уровня.

Таблица 4. Продуктивность дойного стада на молочно-товарных комплексах промышленного типа и в сельскохозяйственных организациях Республики Беларусь, 2020-2022 гг.

Области	Среднегодовой удой молока от одной коровы, кг						Удой по МТК к среднеобластному уровню (+, -)		
	МТК			сельскохозяйственные организации			2020 г.	2021 г.	2022 г.
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.			
Брестская	6750	6797	6836	6453	6568	6797	297	229	39
Витебская	5158	5160	5035	4029	4024	3960	1129	1136	1075
Гомельская	4444	4314	4175	4300	4091	4130	144	223	45
Гродненская	6520	6789	6923	6149	6320	6562	371	469	361
Минская	6226	6638	6853	5801	6046	6209	425	592	644
Могилевская	4162	4372	4209	4011	4152	4044	451	220	165
По республике	5811	5973	6038	5310	5411	5525	501	562	513

Примечание. Составлена по данным [11].

В то же время в 2022 г. в Витебской и Гомельской областях из-за сокращения поголовья животных, снижения продуктивности, недостаточной кормовой базы, несоблюдения технологических регламентов, дефицита зооветеринарных специалистов и по другим причинам допущено снижение удоев молока на корову на молочно-товарных комплексах на 123 и 269 кг соответственно.

Рост валового производства молока в сельскохозяйственных организациях обеспечивается, главным образом, за счет увеличения продуктивности коров. При соблюдении всех технологических регламентов и полном освоении проектной мощности многие сельскохозяйственные организации на молочно-товарных комплексах надаивают свыше 6 тыс. кг молока высокого качества от одной коровы (табл. 5).

Анализ данных, представленных в табл. 5, подтверждает тенденцию роста продуктивности дойного стада в крупнотоварных сельскохозяйственных организациях республики, с годовым удоем от одной коровы свыше 6 тыс. кг молока. Так, если в 2018 г. насчитывалось 297 таких сельскохозяйственных организаций, то в 2022 г. их количество увеличилось до 337 (13,5%). Характерным при этом является значительное увеличение количества производителей цельного молока с удоем свыше 10 тыс. кг. В УП «Молодово-Агро» Ивановского района, СПК им. Деньщикова, СПК «Свислочь» Гродненско-

го района и СПК «Лариновка» Оршанского района удой на одну корову достиг уровня ведущих зарубежных стран и превысил 12 тыс. кг молока.

Рейтинг 10 лучших сельскохозяйственных организаций республики по продуктивности дойного стада за 2022 г. представлен в табл. 6.

Аналогичная тенденция роста продуктивности дойного стада за 2015-2022 гг. выявляется и по административным районам республики (рис. 1).

Если в 2015 г. из 118 административных районов республики только в 10 из них (8,5 % от общего количества) удой молока на корову превысил 6 тыс. кг, то в 2022 г. этот уровень продуктивности был достигнут в 40 районах (33,9 % от общего количества), что убедительно подтверждает положительную динамику развития отрасли. В Гродненском, Несвижском, Смолевичском, Мозырском, Берестовицком и Дзержинском районах продуктивность дойного стада превысила 8 тыс. 300 кг молока.

В то же время следует отметить, что по итогам работы молочной отрасли за 2022 г., среднегодовой удой молока от одной коровы в 42 районах республики (35,6 % от общего количества) составил менее 4 тыс. кг. Это значительно ниже порога окупаемости среднереспубликанского уровня производства молока и свидетельствует об имеющихся значительных резервах повышения экономической эффективности молочной отрасли (табл. 7).

Таблица 5. Группировка сельскохозяйственных организаций Республики Беларусь с продуктивностью дойного стада свыше 6 тыс. кг молока за 2018-2022 гг.

Удой молока на 1 корову, кг	2018 г.		2019 г.		2020 г.		2021 г.		2022 г.		2022 г. к 2018г. +; -
	Кол-во	Уд. вес, %	Кол-во	Уд. вес, %	Кол-во	Уд. вес, %	Кол-во	Уд. вес, %	Кол-во	Уд. вес, %	
6001-7000	149	50,1	126	41,6	143	40,2	137	38,3	128	38,0	-21
7001-8000	85	28,6	102	33,7	101	28,4	98	27,4	71	21,1	-14
8001-9000	49	16,5	48	15,8	65	18,2	78	21,8	75	22,2	26
9001-10000	7	2,4	18	5,9	33	9,3	30	8,4	38	11,2	31
10001-11000	7	2,4	7	2,3	10	2,8	11	3,2	18	5,3	11
11001-12000	-	-	2	0,7	4	1,1	1	0,2	3	1,0	3
Свыше 12000	-	-	-	-	-	-	3	0,7	4	1,2	4
Итого	297	100,0	303	100,0	356	100,0	358	100,0	337	100,0	40

Примечание. Составлена по данным [11]

Таблица 6. Топ 10 сельскохозяйственных организаций Республики Беларусь по продуктивности дойного стада в 2022 г.

Сельскохозяйственная организация	Район	Поголовье молочного скота, гол.	Производство молока, т	Средний удой от коровы, кг
УП «Молодово-Агро»	Ивановский	1037	13174	13096
СПК им. Деньщикова	Гродненский	2110	26049	12351
СПК «Лариновка»	Оршанский	770	9455	12279
СПК «Свислочь»	Гродненский	1160	13944	12021
СПК «Святаязянка-2003»	Кореличский	1900	21196	11268
СПК им. И.П.Сенько	Гродненский	2015	22517	11186
СПК «Агрокомбинат «Снов»	Несвижский	2870	31740	11050
ГП «Ханчицы-Неман»	Свислочский	900	9791	10879
ОАО «Гастелловское»	Минский	1755	20405	10828
ООО «БелИнтерген»	Узденский	354	3465	10662

Примечание. Составлена по данным [11]

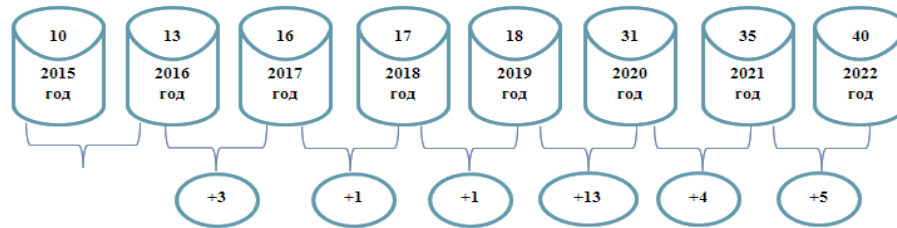


Рисунок 1. Количество административных районов Республики Беларусь со среднегодовым удоем молока от одной коровы свыше 6 тыс. кг, 2015-2022 гг.
Примечание. Выполнен авторами по данным [11]

Таблица 7. Группировка административных районов Республики Беларусь по продуктивности дойного стада за 2022 г.

Среднегодовой удой молока на одну корову, кг	Области						По республике
	Брестская	Витебская	Гомельская	Гродненская	Минская	Могилевская	
До 2000						1	1
2001-3000		7	4			11	22
3001-4000		8	8		1	2	19
4001-5000		4	3	3	3	3	16
5001-6000	2	2	3	3	7	3	20
6001-7000	9	1	1	7	7	1	26
7001-8000	3			2			5
Свыше 8000	2		1	2	4		9

Примечание. Составлена по данным [11]

Еще большая вариация по продуктивности молочного скотоводства имеет место в сельскохозяйственных организациях (табл. 8).

Таблица 8. Группировка сельскохозяйственных организаций Республики Беларусь по продуктивности дойного стада в 2022 г.

Удой молока от одной коровы, кг	Количество сельхозорганизаций, ед.	% к итогу
до 2000	84	8,1
2001-3000	181	17,5
3001-4000	151	14,6
4001-5000	135	13,0
5001-6000	149	14,4
6001-7000	128	12,3
7001-8000	71	6,9
8001-9000	75	7,2
9001-10000	38	3,7
10001-11000	18	1,6
11001-12000	3	0,3
свыше 12000	4	0,4
В среднем по республике – 5525	1037	100,0

Примечание. Составлена по данным Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь

Из данных, представленных в табл. 7, видно, что в 2022 г. по удою молока от одной коровы 551 сельскохозяйственная организация (53,1% от общего количества) надоила менее среднереспубликанского уровня (5525 кг), что свидетельствует о значительных резервах наращивания объемов производства молока и повышения экономической эффективности молочной отрасли.

На перспективу ставится задача, за счет роста численности дойного стада, совершенствования селекционной работы, повышения продуктивности животных, укрепления кормовой базы и других факторов довести производство молока в республике на душу населения до 1 тыс. кг, что позволит поставлять на экспорт более 60 % молочной продукции.

Увеличение поголовья и продуктивности дойного стада позволяет сельскохозяйственным организациям республики наращивать объемы производства молока (табл. 9).

Из данных табл. 9 следует, что за период 2010-2022 гг. (при ежегодном приросте 2,2 %) валовое производство молока в республике увеличилось на 15,7 % и составило 7,7 млн т. Наиболее четко тенденция роста объемов производства молока прослеживается по Брестской, Гродненской и Минской областям. Вместе с тем, за исследуемый период в Витебской, Гомельской и Могилевской областях по различным причинам допущено снижение объемов производства продукции на 239, 108 и 152 тыс. т соответственно.

Проведение технико-технологической модернизации и внедрение в молочной отрасли цифровых технологий управления, наряду с другими факторами, позволило сельскохозяйственным организациям значительно повысить качество реализуемого молока (рис. 2).

Анализ приведенных данных подтверждает положительную динамику повышения качества реали-

Таблица 9. Динамика производства молока в сельскохозяйственных организациях Республики Беларусь в 2010-2022 гг., тыс. т

Области	Год							2022 г. к 2010 г.	
	2010	2015	2018	2019	2020	2021	2022	+, -	%
Брестская	1287	1411	1628	1741	1855	1901	1986	699	154,3
Витебская	948	747	715	718	741	733	709	-239	74,8
Гомельская	962	1015	1046	979	944	878	854	-108	88,8
Гродненская	1000	1138	1194	1250	1349	1378	1416	416	141,6
Минская	1605	1587	1755	1783	1936	1987	2027	422	126,3
Могилевская	825	79	690	633	673	697	673	-152	81,6
Итого по республике	6627	6637	7028	7104	7498	7574	7665	1038	115,7

Примечание. Составлена по данным [11].

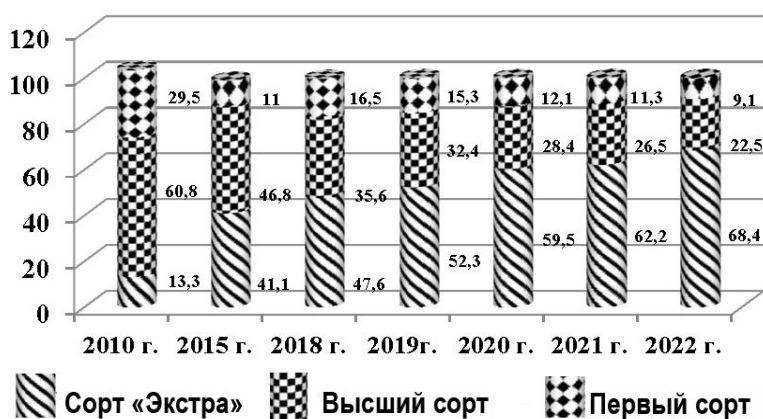


Рисунок 2. Динамика качества молока, реализуемого сельскохозяйственными организациями Республики Беларусь в 2010-2022 гг.

Примечание. Выполнен авторами по данным Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь.

зуемого молока. Так, за исследуемый период продажа государству молока сорта «Экстра» увеличилась с 13,3 до 68,4 %, при одновременном сокращении объемов продаж молока высшего сорта с 60,8 до 22,5 %, первого сорта – с 29,5 до 9,1% соответственно.

Интенсификация отрасли, внедрение промышленных технологий производства молока и повышение его качества оказали положительное влияние на окупаемость материальных и финансовых ресурсов, вкладываемых в развитие молочной отрасли (табл. 10).

Анализ данных, приведенных в табл.10, свидетельствует о том, что в связи с интенсификацией молочного скотоводства и внедрением инновационных технологий производства молока, значительно увеличиваются затраты на содержание молочного скота. За исследуемый период они возросли (в расчете на 1 голову) в 4,4 раза и составили 4 158 руб. Себестоимость производства 1 т молока увеличилась почти в 9,3 раза, с 75 до 699 руб. Рост затрат объясняется переоценкой основных производственных фондов в связи с инфляцией, высокой сметной стоимостью строящихся новых молочно-товарных комплексов и реконструкцией действующих молочно-товарных ферм, покупкой и обслуживанием дорогостоящего технологического оборудования, постоянным удорожанием материально-

технических ресурсов, вкладываемых в развитие молочного скотоводства, и другими причинами.

Современные промышленные технологии производства молока при полном соблюдении всех технологических регламентов позволяют максимально реализовывать генетический потенциал продуктивности дойного стада, повышать производительность труда и снижать затраты трудовых и материальных ресурсов на единицу продукции. Использование такой технологической концепции позволило снизить затраты труда на производство 1 т молока почти в 2 раза, с 32,4 до 17,1 чел.-ч, а расход кормов сократить на 17 %, с 1,27 до 1,06 к. ед.

Интенсификация и перевод молочной отрасли на промышленную основу способствует повышению качественных показателей производства молока. С 2010 по 2022 гг. продажа государству молока сорта «Экстра» возросла с 13,3 до 68,4 %, а содержание жира в молоке увеличилось с 3,65 до 3,81 %, при увеличении товарности с 86,7 % до 90,4%, что позволило значительно повысить доходность отрасли и экономическую эффективность производства молока.

За исследуемый период прибыль от реализации государству молока увеличилась в 39,3 раза и составила 1 574 млн руб., что в расчете на 1 корову и 1 т реализованного молока составило 1 390 и 277 руб. соответственно. Рентабельность продаж молока за анализируемый период имеет тенденцию роста и в 2020-2022 гг. находилась на уровне 25%, что практически позволяет сельским товаропроизводителям развивать молочную отрасль на условиях самофинансирования.

Перевод молочного скотоводства на промышленную основу требует обоснования выбора критериев оценки экономической эффективности. Для этого предлагается использовать следующие производственно-экономические показатели (табл. 11).

Считаем, что для более объективной оценки достигнутых результатов, названные показатели предлагается учитывать при составлении рейтинга сель-

Таблица 10. Динамика показателей интенсификации и эффективности развития молочного скотоводства в сельскохозяйственных организациях Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь за 2010-2022 гг.

Показатели	Ед. изм.	Год							2022г. к 2010 г., раз, %
		2010	2015	2018	2019	2020	2021	2022	
Затраты на содержание 1 головы	руб.	939	1878	2510	2667	3055	3591	4158	4 раза
Нагрузка коров на 1 оператора машинного доения	гол.	36	52	61	65	67	73	77	213,9
Затраты на производство 1 т молока: кормов	т к. ед.	1,27	1,13	1,12	1,07	1,05	1,08	1,06	83,5
труда	чел.- ч	32,4	25	21,4	20,6	19,1	18,0	17,1	52,8
Расход кормов на 1 корову в т.ч. концентратов	ц к. ед.	57,8	53,6	54,8	52	54	56,6	55,4	95,8
Удой молока от 1 коровы	кг	4548	4657	4897	4880	5144	5244	5238	115,2
Производство молока	тыс. т	4762	5032	6016	5460	5774	5832	5932	124,6
Производство молока на 1 балло-гектар сельхозугодий	кг	25,8	27,6	33,0	33,1	34,2	35,4	36,8	142,6
Жирность молока	%	3,65	3,69	3,70	3,73	3,72	3,74	3,81	0,16 п. п.
Товарность молока	%	86,7	88,7	88,8	89,9	90,4	90,4	90,4	3,7 п. п.
Продано молока сорта «Экстра»	%	13,3	38,1	47,6	52,4	59,5	62,2	68,4	55,1 п. п.
Себестоимость производства 1 т молока	руб.	75	353	449	479	521	588	699	9,3 раза
Средняя цена реализации 1 т молока	руб.	86	436	590	635	723	803	1001	11,6 раза
Прибыль от реализации молока – всего	млн. руб.	40	498	662	700	937	1036	1574	39,3 раза
в т.ч. на 1 корову	руб.	38	468	538	626	838	932	1390	36,6 раза
1 т молока	руб.	10	103	120	138	175	189	277	27,7 раза
Рентабельность производства	%	12,4	14,9	25,6	27,7	31,8	30,9	38,3	25,9 п. п.
Рентабельность продаж	%	11,7	11,8	20,4	21,7	24,1	23,6	27,7	16,0 п. п.

Примечание. Составлена по данным Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь

скохозяйственных организаций за лучшие показатели работы в молочной отрасли. При этом для сопоставимости показателей целесообразно учитывать плотность дойного стада в расчете на 100 га сельскохозяйственных угодий по группам сельскохозяйственных организаций.

Несмотря на положительную динамику развития молочного скотоводства, в отрасли имеются и проблемы, сдерживающие более эффективное ее развитие.

В настоящее время ряд вновь построенных молочно-товарных комплексов по различным причинам не освоили в нормативные сроки полную проектную мощность. Полагаем, что основными сдерживающими факторами являются [2]:

- недостаток высокопродуктивного поголовья скота для комплектования молочно-товарных комплексов;
- несбалансированность кормовых рационов по питательным веществам, особенно по белку и обменной энергии;
- высокое непроизводительное выбытие животных по различным причинам;
- невысокая продуктивность животных;

- неполное соблюдение технологических регламентов;
- дефицит зооветспециалистов;
- недостаточный уровень профессиональной подготовки обслуживающего персонала.

Заключение

Проведенное исследование позволяет сделать следующие выводы:

1. В результате технико-экономической модернизации на молочно-товарных комплексах, оборудованных доильными залами и роботизированными комплексами, в 2022 г. произведено 71,2% общереспубликанского объема производства молока, с годовым удоем 6 038 кг, что на 213 кг выше среднереспубликанского уровня. Впервые в 25-ти сельскохозяйственных организациях удой на одну корову превысил 10 тыс. кг молока.

2. Использование на крупных молочно-товарных комплексах промышленного типа цифровых технологий управления позволило в период с 2010 по 2022 гг. увеличить валовое производство молока до 7,7 млн т

**Таблица 11. Показатели оценки экономической эффективности перевода
молочного скотоводства на промышленную основу**

Наименование показателей	Ед. изм.	Оценка эффективности	
		Отлично	Неудовлетворительно
Поголовье коров на 100 га сельхозугодий	гол.	свыше 25	до 25
Ввод первотелок в основное стадо	%	более 25	менее 25
Среднегодовой удой молока от 1 коровы	кг	свыше 7000	менее 7000
Производство молока на 1 балло-гектар сельхозугодий	кг	свыше 45	менее 45
Расход кормов на производство 1 т молока	т к. ед.	0,8-0,9	свыше 1,0
Затраты труда на производство 1 т молока	чел.-ч	до 15	свыше 15
Жирность молока	%	более 3,6	менее 3,6
Товарность молока	%	свыше 90	менее 90
Продажа молока сорта «Экстра»	%	более 90	менее 90
Рентабельность производства молока	%	свыше 40	менее 30
Рентабельность продаж молока	%	свыше 30	менее 20
Лаг освоения проектной мощности молочно-товарного комплекса	лет	4	свыше 4
Срок окупаемости инвестиций	лет	7-8	8

Примечание. Составлена по результатам собственных исследований.

(115,7 %), снизить затраты кормов на производство 1 т молока до 1,06 т к. ед, а трудоемкость – до 17 чел.-ч. Это дало возможность обеспечить продажу государству молока сорта «Экстра» до 68 %, а рентабельность продаж увеличить до 28 %.

3. Для обеспечения выхода молочно-товарных комплексов на полную проектную мощность в нормативные сроки и повышения экономической эффективности производства молока необходимо обеспечить:

- полное комплектование молочно-товарных комплексов высокопродуктивным скотом;
- строгое соблюдение технологических регламентов производства молока;
- полное обеспечение дойного стада полноценными кормами под плановую продуктивность;
- рост продуктивности животных;
- сокращение непроизводительного выбытия молочного скота;
- повышение качества реализуемого молока;
- применение гибких систем материального стимулирования труда работников молочно-товарных комплексов за выполнение нормированных заданий с учетом уровня освоения проектной мощности;
- использование механизма государственно-частного партнерства на основе создания молочных кластеров;
- повышение квалификации работников молочной отрасли;
- изучение передового отечественного и зарубежного опыта управления инновационным развитием молочного скотоводства.

4. В связи с введением недружественными странами в отношении Беларуси экономических санкций, при продвижении молочной продукции на перспективные агропродовольственные рынки необходимо использовать возможности взаимодействия государственного и частного сектора в формате партнерства. Использование механизма государственно-частного партнерства на основе создания молочных кластеров

является важным инструментом развития в АПК транспортной и логистической инфраструктуры.

Реализация названных направлений позволит обеспечить в республике качественно новый уровень развития молочного скотоводства, значительно укрепить производственный потенциал отрасли, базирующийся на инновационных технологиях, и повысить экономическую эффективность производства молока на промышленной основе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кулагин, С.Л. Инновации и качество молока как ключевые факторы повышения конкурентоспособности молочной отрасли Республики Беларусь / С.Л. Кулагин // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции: материалы VI Междунар. науч.-практ. конференции, Минск, 30-31 марта 2023 г. / Белорус. гос. аграр. техн. ун-т; редкол.: В.Я. Груданов [и др.]. – Минск, 2023. – С. 213-215.

2. Шибeko, А.Э. Современное состояние и эффективность инновационного развития молочного скотоводства Республики Беларусь / А.Э. Шибeko, О.М. Мельник // Актуальные проблемы устойчивого развития сельских территорий и кадрового обеспечения АПК: материалы Междунар. науч.-практ. конференции, Минск, 3-4 июня 2021 г. / Белорус. гос. аграр. техн. ун-т; редкол.: Н.Н. Романюк [и др.]. – Минск, 2021. – С. 308-313.

3. Климова, М.Л. Повышение экономического потенциала и конкурентоспособности организаций молочной и мясной промышленности Республики Беларусь / М.Л. Климова // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции: материалы VI Междунар. науч.-практ. конференции, Минск, 30-31 марта 2023 г. / Белор. гос. аграр.-техн. ун-т; редкол.: В.Я. Груданов [и др.]. – Минск, 2023. – С. 20-24.

4. Получение высококачественной продукции в молочном скотоводстве: монография / Н.И. Гавриченко [и др.]. – Витебск: ВГАВМ, 2022. – 348 с.

5. Горбатовский, А.В. Зарубежный опыт интенсификации сельского хозяйства / А.В. Горбатовский // Аграрная экономика. – 2020. – № 10. – С. 59-72.

6. К вопросу управления развитием молочной отрасли на основе сценарного прогнозирования / О.Н. Горбатовская [и др.] // Актуальные проблемы и перспективы развития сельских территорий и кадрового обеспечения АПК: материалы III Междунар. науч.-практ. конференции, Минск, 7-8 июня 2023 г./ Белорус. гос. аграр.-техн. ун-т; редкол.: Н.Н. Романюк [и др.]. Минск, 2023. – С. 345-350.

7. Методические рекомендации и меры по повышению эффективности и конкурентоспособности производства молока (молокопродуктового подкомплекса) / А.П. Шпак [и др.]. – Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2014. – 183 с.

8. Организационно-экономический механизм повышения эффективности производства и реализации молока: монография / Н.С. Волостнов [и др.]. – Княгинино: НГИЭУ, 2021. – 182 с.

9. Племенная работа, организация воспроизводства и полноценного кормления в молочном скотоводстве / Н.С. Яковчик [и др.]; под общ. ред. Н.В. Казаровца. – Минск: БГАТУ, 2021. – 364 с.

10. О государственной программе «Аграрный бизнес» на 2021-2025 гг.: постановление Совета Министров Республики Беларусь, 1 февр. 2021 г., № 59 // Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь. – № 5/48758.

11. Сельское хозяйство Республики Беларусь: статистический буклет. – Минск: Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2023. – 30 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 02.10.2023

Программа балансирования рационов кормов для молочного скота

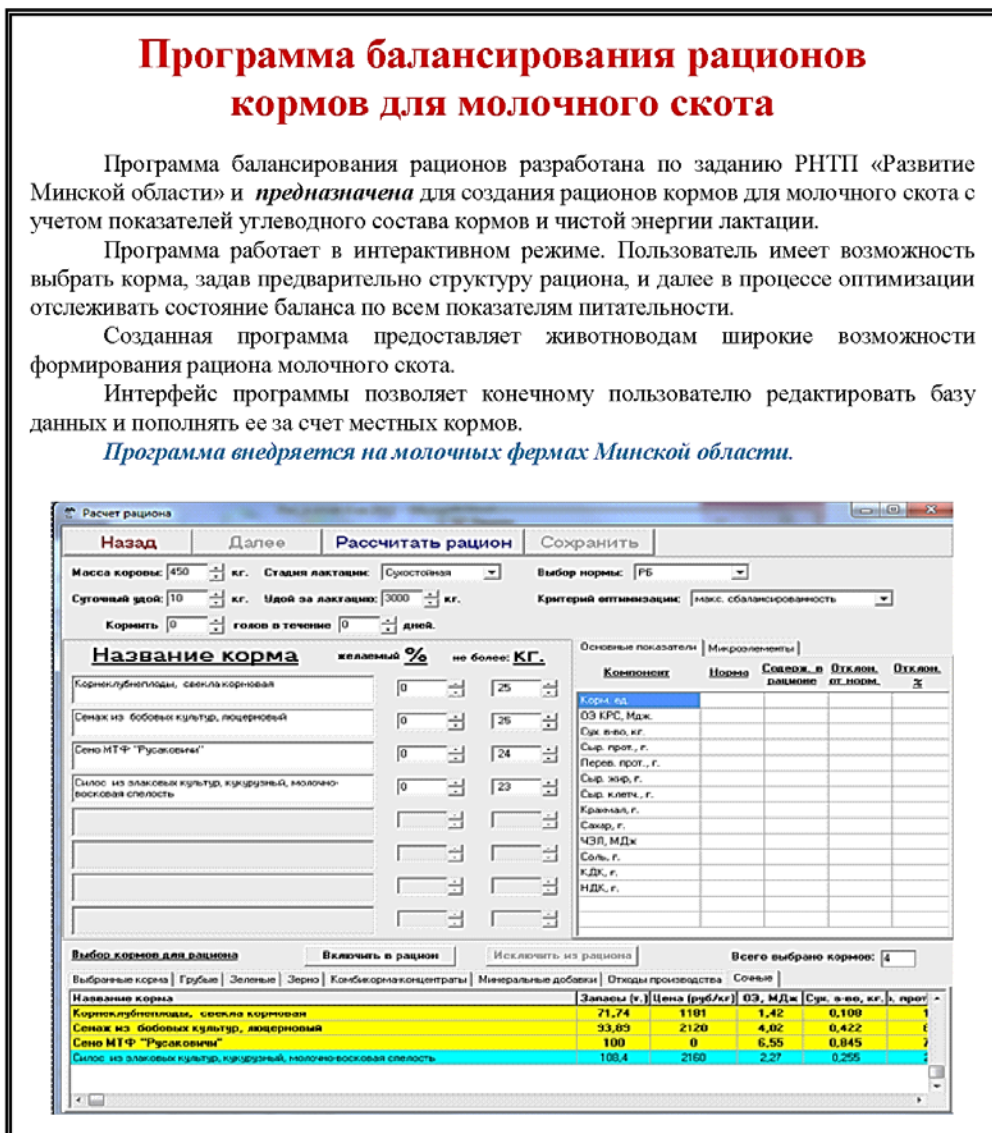
Программа балансирования рационов разработана по заданию РНТП «Развитие Минской области» и *предназначена* для создания рационов кормов для молочного скота с учетом показателей углеводного состава кормов и чистой энергии лактации.

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.



АГРОЭКОТУРИЗМ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ КАК ИМПУЛЬС РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

С.Л. Белявская,

доцент каф. национальной экономики и государственного управления БГЭУ, канд. экон. наук, доцент

А.В. Чирич,

докторант БГАТУ, канд. экон. наук, доцент

В статье акцентируется внимание на значении агро(эко)туризма для развития сельских территорий. Рассмотрен термин «агроэкотуризм». Раскрываются особенности налогообложения для субъектов в сфере агроэкотуризма в соответствии с нормативно-правовыми актами Республики Беларусь. Приведен международный и отечественный опыт возникновения и развития агротуризма. Проанализированы статистические данные Республики Беларусь, характеризующие динамику количества субъектов агроэкотуризма и количества туристов, обслуженных ими. Выделены проблемы, имеющиеся в сфере агроэкотуризма в нашей стране.

Ключевые слова: сельские территории, развитие, агроэкотуризм, анализ, тенденции, субъекты агроэкотуризма, агротуристические услуги.

The article focuses on the importance of agroecotourism for the development of rural areas. The term “agroecotourism”, taxation for entities in the field of agroecotourism in accordance with the legal acts of the Republic of Belarus are considered. International and domestic experience in the appearance and development of agrotourism is presented. Statistical data of the Republic of Belarus characterising the dynamics of the number of agroecotourism entities and the number of tourists served by them are analyzed. The problems existing in the field of agroecotourism in our country are highlighted.

Key words: rural areas, development, agroecotourism, analysis, trends, entities of agroecotourism, agrotourism services.

Введение

Развитие агротуризма представляет собой фактор, способный содействовать развитию смежных отраслей, таких как транспорт, пищевая промышленность, народные промыслы, и, следовательно, стать неким импульсом для диверсификации региональной экономики. Агротуризм является действенным и «мягким» методом развития сельской территории, не требующим кардинальной смены спецификации региона. Развитая сфера услуг способна обеспечить региону определенную степень независимости и самодостаточности даже при отсутствии промышленного потенциала.

Отдельные теоретико-методологические, методические и практические аспекты развития сельского туризма описаны в трудах ученых – Абряндиной В.В., Бакановой А.А., Барлыбаева А.А., Белова Г.Л., Блансо Р., Бородина А.Н., Власенко О.В., Волкова С.К., Здорова А.Б., Ивановской К.А., Ильиной М.В., Кундиус В.А., Мозгунова Н.А., Панькова А.И., Робертса Л., Трухачева А.В. и других.

В исследованиях отечественных ученых преобладают следующие направления:

- развитие агротуризма в системе международных туристских услуг (Лученок С.А.);
- финансово-хозяйственная деятельность сельских усадеб (Н.Ф. Авдевич);

– инновационная активность бизнеса, в том числе сельского, и механизмы ее стимулирования (Васильченко А.О., Давыденко Л.Н., Зинкович К.А., Ленкова Р.К., Нехорошева Л.Н., Шимов В.Н.);

– развитие экосистемы предпринимательской деятельности в контексте устойчивого развития (Ванкевич Е.В., Киреевко Е.Г., Паньшин Б.Н., Шимова О.С.);

– научно-теоретические и практические аспекты регионального развития агроэкотуризма (Аношко Я.И., Кабушкин Н.И., Клицунова В.А., Гайдукевич Л.М., Решетников Д.Г., Добринец О.В., Сиваграков А.В., Тарасенок А.И.);

– разработка механизмов управления территориальными социально-экономическими системами (Фатеев В.С., Беляцкий Н.П.).

Цель настоящей работы – проанализировать основные тенденции, проблемы и перспективы развития агроэкотуризма в Республике Беларусь и его влияние на сельские территории.

Основная часть

Для трактовки туризма, развивающегося на сельских территориях, применяется множество определений: сельский туризм, агротуризм, «зеленый туризм», «мягкий туризм», «дачный туризм», агроэкотуризм, этноагротуризм [1].

Отдельные авторы [2] анализируют значение «зеленого» туризма для различных субъектов: домохозяйства, сельской местности, туристов.

Так, О.В. Калямина рассматривает аграрный туризм как многоаспективный перспективный способ развития сельских территорий, выделяя следующие аспекты:

- экономический – источник дохода для сельского населения в состоянии кризиса аграрного сектора и деградации сельских территорий; использование, главным образом, менее затратных ресурсов, прежде всего природного, социокультурного и исторического наследия;

- микроэкономический – вклад в повышение рыночной стоимости собственного дома или усадьбы;

- социокультурный – взаимодействие сельских жителей с горожанами, что подразумевает обмен культурным, историческим и психологическим опытом;

- этнокультурный – пропаганда национально-культурных традиций и возможность активизации уникальных ресурсов;

- социальный – кооперация на уровне местной общины в создании полноценного туристского продукта, что, в конечном счете, приводит к улучшению социально-психологического климата [3].

В соответствии с нормативным правовым актом Республики Беларусь широко используется термин «агротуризм», под которым понимается деятельность, направленная на ознакомление агроэкотуристов (потребителей услуг) с природным, сельскохозяйственным и культурным потенциалом республики, национальными традициями в процессе отдыха, оздоровления, временного пребывания в агроэкотуристических усадьбах, расположенных в сельской местности (малом городском поселении) [4]. Однако агроэкотуризм указывает на туристическую деятельность за пределами городов, путешествия по относительно нетронутым природным местам с целью отдыха и получения представления о природных, культурно-этнографических особенностях данной местности или сельской жизни, традициях, деревенском быте.

Именно в целях совершенствования инфраструктуры и улучшения условий жизни в сельской местности и малых городских поселениях, на правовой основе внедрены налоговые и финансовые инструменты стимулирования, законодательно определены критерии осуществления бизнеса в аграрной сфере. В связи с тем, что оказание услуг в сфере агроэкотуризма не является предпринимательской деятельностью, ведение бизнеса в данной сфере могут осуществлять как сельскохозяйственные организации, так и физические лица, без государственной регистрации в качестве индивидуального предпринимателя в отличие от других видов деятельности.

В соответствии с Указом Президента Республики Беларусь от 4 октября 2022 г. № 351 «О развитии агроэкотуризма», с целью совершенствования регулирования деятельности и повышения качества оказываемых услуг в 2023 г., владелец агроусадьбы должен подать в районный исполнительный комитет по месту нахождения агроусадьбы письменное заявление и дожидаться решения о разрешении ведения бизнеса по предостав-

лению услуг агроэкотуризма. При осуществлении такой административной процедуры плата не взимается, а данное решение должно быть принято в течение 30 календарных дней и действует бессрочно [4].

Государственными органами управления упрощено налогообложение для субъектов в сфере агроэкотуризма. Законодательно предусмотрено два варианта уплаты: сбор за агроэкотуризм или налог на профессиональный доход. С 1 июля 2023 г. физические лица могут выбирать, применять им налог на профессиональный доход или уплачивать сбор за агроэкотуризм в отношении осуществляемой ими деятельности при условии, что местные органы власти примут соответствующие решения.

Для лиц, зарегистрировавшихся впервые, предусмотрены льготы при уплате налога на профессиональный доход. Уменьшена сумма облагаемого дохода на величину вычета в размере 2 000 руб., который применяется последовательно, начиная с первого полученного дохода в текущем календарном году, а также может быть перенесен на последующие календарные годы в случаях, если сумма вычета не была использована. Предоставляются льготы и для пенсионеров, которым в соответствии с законодательством снижены ставки налога на профессиональный доход: вместо 10 % они уплачивают 4 % и вместо 20 % – 8 % [5].

Не является обязательной уплата страховых взносов в фонд социальной защиты населения лицами, занимающимися агроэкотуризмом, однако уплата взносов является основанием включать в стаж для начисления пенсии период ведения деятельности в данной сфере. В агротуристическое хозяйство по желанию владельца можно привлекать работников, оформляя такие отношения путем заключения трудового или гражданско-правового договора.

Однако законодательно уточнено, что для реализации агротуристических услуг владельцу необходимо постоянно проживать в сельской местности или в малом городском поселении, вести личное подсобное хозяйство или выращивать и (или) перерабатывать сельхозпродукцию, а также должна быть возможность для ознакомления агротуристов с природными, сельскохозяйственными и архитектурными объектами, народными традициями соответствующей местности.

Отличительной особенностью оказания услуг в агротуризме от туристической деятельности является предоставление комплекса, состоящего из не менее двух услуг, и обязательного наличия в указанном комплексе одной из представленных ниже услуг:

- ознакомление с природными, сельскохозяйственными и архитектурными объектами, национальными традициями соответствующей местности;

- предоставление жилых комнат в агроэкотуристической усадьбе для проживания;

- обеспечение питанием с использованием сельскохозяйственной продукции, произведенной и (или) переработанной на земельных участках, предоставленных субъектам агроэкотуризма [6].

Международный опыт свидетельствует о том, что агроэкотуризм в Европе и США возник как само-

стоятельная отрасль лишь во второй половине XX века, в связи с быстрыми темпами урбанизации, ухудшением экологического состояния городов, формированием потребности у людей в спокойном отдыхе на основе национальных традиций, природного колорита и сельского быта [7]. С целью предотвращения безработицы, миграции, падения жизненного уровня населения и других негативных явлений, были разработаны и реализованы программы политической, финансовой, организационной, правовой и информационной поддержки агротуризма на государственном уровне.

В 1955 году была создана ассоциация «Agricoltureet Turisme» во Франции, в 1965 году – «Agriturist» (Национальная ассоциация сельского хозяйства и туризма) в Италии. Затем появилось межгосударственное объединение на уровне ЕС в рамках общей сельскохозяйственной политики ЕС. Задачей этой комплексной социально-экономической программы являлось придание импульса развитию аграрных регионов путем организации нового сектора местной экономики и перевода части сельского населения из сферы производства в сферу услуг, развитию малого и среднего бизнеса и созданию новых рабочих мест в сельской местности [8].

В Республике Беларусь начало данного направления бизнеса связано с созданием агроусадеб и формированием общественных объединений – «Агро- и экотуризм» (2002 г.) и БОО «Отдых в деревне» (2003 г.). Дальнейшее развитие характеризуется законодательной поддержкой со стороны государства, налаживанием контактов со странами-партнерами (Литва, Эстония, Польша), вхождением белорусского общественного объединения «Отдых в деревне» в Международное общество экотуризма (ТИЕС), созданием Общественных советов по агротуризму в регионах, Общественно-консультационного совета при Департаменте по туризму Министерства спорта и туризма Республики Беларусь, а также реализация программ ОАО «Белагропромбанк» по льготному кредитованию субъектов агротуризма.

По мнению ряда авторов [9], организационная модель функционирования агротуризма в Беларуси базируется на малом гостиничном хозяйстве, а также строительстве преимущественно государственных сельскохозяйственных парков. Первая модель достаточно развита в европейских странах, она пред-

полагает создание малого агротуристского комплекса на основе существующих сельских фондов при системной государственной поддержке. Вторая модель организации агротуризма предполагает создание средних или крупных строительных объектов, стилизованных в форме «агротуристических деревень». Как правило, подобные объекты позволяют эффективно использовать туристический потенциал региона, в котором плохо развит жилищный фонд и соответствующая инфраструктура. С точки зрения инвестиционного вложения, менее затратной является модель малого гостиничного хозяйства, она не требует существенных финансовых затрат, при этом активизирует социальную и экономическую динамику за счет создания новых рабочих мест, сокращения миграции сельского населения в урбанистическую среду, а также способствует обновлению инфраструктуры.

По данным Национального статистического комитета Республики Беларусь, в 2010–2021 гг. отмечается положительная динамика роста количества субъектов агротуризма (рис. 1). В 2022 г. число таких субъектов возросло в 2,4 раза по отношению к 2010 г., чему способствовала разработка законодательных актов в данном направлении, выгода ведения бизнеса с минимальным налогообложением, рост спроса у потребителей на данный вид туристических услуг, развивающийся интерес к «зеленому» туризму, первозданной, нетронутой деревенской жизни, белорусским традициям и культуре.

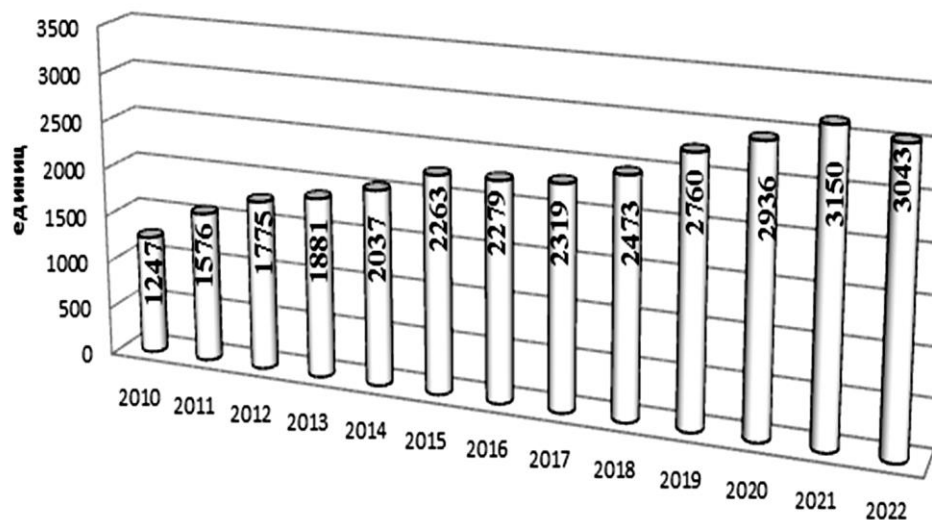


Рисунок 1. Динамика количества субъектов агротуризма в Республике Беларусь (единиц)

Примечание. Собственная разработка авторов на основании [10].

В настоящее время агротуризм является одним из самых динамично развивающихся сегментов туристического рынка страны, в то время как с 2020 г. наблюдается ежегодное сокращение числа организаций, осуществляющих туристическую деятельность. В 2021–2022 гг. выросло количество человек, обслуживаемых субъектами агротуризма, их численность превысила годовые данные до пандемии, а по сравне-

нию с данными 2010 г. число агроэкотуристов выросло в 4,7 раза (рис. 2).

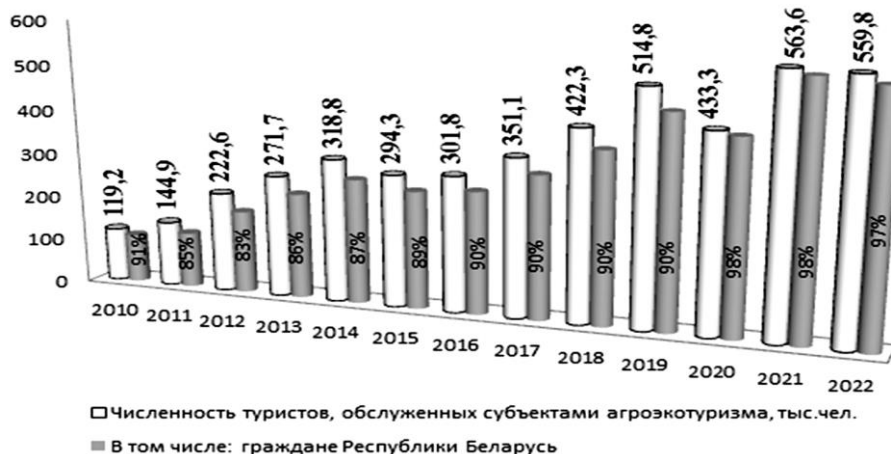


Рисунок 2. Динамика количества туристов, обслуженных субъектами агроэкотуризма в Республике Беларусь

Примечание. Собственная разработка авторов на основании [10].

Следует отметить и существенный экономический эффект, получаемый Республикой Беларусь от агроэкотуризма, который исчисляется средствами, поступившими за оплату услуг данного вида туризма. За пять лет данный показатель вырос в 1,8 раз и в 2021 г. составил 30,8 млн руб., что свидетельствует о рациональности развития данного туристического сектора, который обеспечивает рабочими местами и повышает доходы сельских жителей, содействует благоустройству мест отдыха в регионах, улучшая инфраструктуру и уровень жизни в сельской местности.

Росту актуальности агротуров у граждан Республики Беларусь сегодня способствует не только благоприятный климат и живописность белорусской природы, но и факторы, ограничивающие перемещение за пределы страны (пандемия COVID-19, политическая нестабильность в мире и т.д.). К сожалению, следует отметить, что в последние 3 года существенно сократилось посещение агроэкоусадоб туристами из Польши, Латвии, Узбекистана, Украины по причине закрытия границ и отсутствия возможности отдыха на территории Беларуси. Около 98 % обслуженных субъектами агроэкотуризма являются гражданами Республики Беларусь.

Несмотря на достаточно положительную динамику многих показателей развития в сфере агроэкотуризма, следует отметить наличие следующих проблем:

- по результатам анализа официальных данных отмечаются низкие темпы развития внутреннего туризма, доминирование выездного международного туризма над внутренним, агроэкотуризм в Беларуси находится в состоянии становления;
- невысокий показатель средней продолжительности дней пребывания туристов в агроусадьбах, который составляет 3 дня (до 2019 г. данный показатель составлял 4-5 дней);
- анализ показателей развития бизнеса в сфере агроэкотуризма по областям выделяет Минскую об-

ласть, так как здесь наиболее развита инфраструктура, транспортное сообщение, что свидетельствует о

нерешенности проблемы существенной дифференциации в развитии на региональном уровне [6];

- недостаточное осознание белорусами своего туристического потенциала и недостаточная диверсификация туристического продукта, национальный бренд страны не является достаточно привлекательным для иностранных гостей;

- отсутствие развитой системы развлечений и однообразие сельского отдыха;

- инфраструктурные проблемы, связанные с

наличием достаточного количества дорожных указателей и специально проложенных велосипедных маршрутов и дорожек, затрудняют передвижение по незнакомой местности;

- недостаточная представленность в Интернет-пространстве туристического потенциала Республики Беларусь. Многие хозяева агроусадоб не имеют своих официальных сайтов и не пользуются современными методами маркетинговой деятельности, что существенно снижает инвестиционную привлекательность сферы агроэкотуризма.

Следует отметить, что в Республике Беларусь освоение национального туристического потенциала началось значительно позже большинства европейских стран. Данное обстоятельство позволяет учитывать и эффективно использовать имеющийся международный опыт, активно внедрять инновационные технологии для создания и продвижения агротуристического продукта. Анализ динамики экономических показателей, характеризующих развитие предпринимательства в Республике Беларусь, свидетельствует о значительной концентрации бизнеса в г. Минске и Минской области, существенная дифференциация в развитии значительно влияет на общее социально-экономическое развитие страны и каждого отдельного региона. Именно развитие агроэкотуризма позволит сгладить данные региональные диспропорции и создать экономическую основу для возрождения белорусской традиционной культуры, дать импульс роста эффективности хозяйственной деятельности на селе.

Заключение

Для достижения поставленных целевых направлений в обеспечении устойчивого экономического развития, сбалансированности на рынке труда и достижения оптимального распределения предпринимательской активности в стране, главной составляю-

щей экономической политики государства на ближайшую перспективу должна стать именно ставка на развитие бизнеса в сфере агроэкотуризма в регионах. Открытие объектов агроэкотуризма положительно сказывается на развитии предпринимательства в сфере туризма, поддерживая малый бизнес в этой области. Благодаря агроэкотуризму, большая часть населенных пунктов на территории республики сможет быть использована в виде рекреационных центров. Статистика свидетельствует о постепенном росте востребованности отдыха на селе и за пределами крупных городов, что обеспечивает возможности дальнейшего становления данной отрасли в Республике Беларусь.

Таким образом, агротуристический бизнес в Республике Беларусь является перспективно развивающимся сектором экономики. Статистикой отмечается имеющийся потенциал и существенные возможности увеличения вклада сферы агроэкотуризма в обеспечение общего экономического роста страны.

Агроэкотуризм несет в себе ряд положительных импульсов, способствующих в стратегическом плане сохранению места жительства сельским жителям и привычного образа жизни, приспособлению к новому виду деятельности, не теряя при этом агропроизводства, и, что немаловажно, сохранению агроландшафтов и их природного окружения.

Продолжается реформирование институционально-правовой среды в сфере деятельности субъектов агроэкотуризма, что в дальнейшем позволит, используя имеющийся потенциал, совершенствовать и формировать достаточно благоприятные условия развития бизнеса в данной сфере, увеличить количество экспорта туристических услуг и обеспечить эффективную самозанятость населения в сельской местности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сарафанова, А.Г. Сельский и агротуризм: подходы к определению / А.Г. Сарафанова, Н.В. Шабалина, А.А. Сарафанов // Современные проблемы сервиса и туризма. – 2020. – Т. 14. – № 1. – С. 100-108.

2. Имяреков, С.М. Перспективы развития зеленого туризма в современных условиях / С.М. Имяреков, Л.А. Пониматкина, О.Е. Лебедева // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2021. – № 9-1. – С. 64-68.

3. Калямина, О.В. Роль аграрного туризма в развитии российских территорий / О.В. Калямина // Маркетинг и логистика. – 2018. – № 1 (15). – С. 30-36.

4. О развитии агроэкотуризма: Указ Президента Республики Беларусь, 4 октября 2022 г., № 351 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=P32200351>. – Дата доступа: 28.06.2023.

5. Налоговый кодекс Республики Беларусь (Особенная часть) / Национальный центр правовой информации Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=hk0900071>. – Дата доступа: 23.11.2023.

6. Белявская, С.Л. Аналитика развития малого предпринимательства в Республике Беларусь / С.Л. Белявская // Бухгалтерский учет и анализ. – 2021. – № 7 – С. 28-34.

7. Лебедева, И.В. Сельский туризм как средство развития сельских территорий: методич. пособие / И.В. Лебедева, С.Л. Копылова. – Москва: АНО «АРСИ», 2018. – 164 с.

8. Коробова, О.П. Агротуризм как стимул развития сельских территорий / О.П. Коробова // Academia. Архитектура и строительство. – 2019. – № 3. – С. 99-104.

9. Василевская, В.Э. Агроэкотуризм в Беларуси: ресурсный потенциал и состояние развития / В.Э. Василевская, И.Н. Воронович [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elib.bsu.by/bitstream/123456789/294961/1/34-39.pdf>. – Дата доступа: 23.11.2023.

10. Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by>. – Дата доступа: 20.08.2023.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 29.11.2023

**ПЕРЕЧЕНЬ СТАТЕЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В ЖУРНАЛЕ
«АГРОПАНОРАМА» В 2023 ГОДУ****№ 1/2023**

О.И. МИСУНО, Д.А. ЖДАНКО	Распределение тягового сопротивления почвообрабатывающей машины между модулями мобильного энергетического средства
В.Л. СЕЛЬМАНОВИЧ	Сравнительная продуктивность галеги восточной и традиционных многолетних бобовых трав
А.М. МАЗУР, Е.В. ТАРАЗЕВИЧ	Исследование безотходной технологии переработки картофеля на крахмал
В.М. ЗБРОДЫГА, М.А. ПРИЩЕПОВ, И.В. ПРОТОСОВИЦКИЙ, А.И. ЗЕЛЕНЬКЕВИЧ	Особенности работы трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-треугольник с зигзагом» при несимметричной нагрузке
В.А. ДАЙНЕКО, Е.М. ПРИЩЕПОВА, Т.Г. БАЗУЛИНА, Ж.Г. ЮРКОВЕЦ	Цифровые технологии в системах мониторинга электропривода технологических машин
В.С. КОРКО	Повышение степени очистки семенного вороха при электросепарации мелкосемянных культур
М.А. ПРИЩЕПОВ, И.Г. РУТКОВСКИЙ	Исследование температурной зависимости удельного сопротивления обратного молока при изменении его кислотности
Л.А. КАЗАКЕВИЧ	Конкурентная позиция тепличных хозяйств столичного региона
А.А. БУРАЧЕВСКИЙ	Условия и факторы обеспечения роста емкости внутреннего рынка плодоовощной продукции

№ 2/2023

Г.Н. ПОРТЯНКО, Н.П. ГУРНОВИЧ, Г.А. РАДИШЕВСКИЙ, Е.Г. ГРОНСКАЯ, М.Н. ГУРНОВИЧ	К вопросу повышения сепарирующей способности картофелеуборочных машин
С.Н. БОНДАРЕВ	Совершенствование доильного аппарата изменением вакуумметрического давления в подсосковой камере доильного стакана
А.Н. СМЕРНОВ, П.В. АВРАМЕНКО, К.А. ОМЕЛЯЩИК	О влиянии характера давления на ресурс гидрооборудования фронтального погрузчика
М.А. ПРИЩЕПОВ, И.Г. РУТКОВСКИЙ	Расчет конструктивных параметров проточных электродных электронагревателей с секционированными и зонированными электродными системами
О.О. МУХЛЯ, Д.А. ЖДАНКО, С.А. ШЕЦКО	Оценка зависимости пульсаций давления топлива от частоты вращения привода диагностического стенда и собственной частоты впрысков тестируемого инжектора
В.К. КОРНЕЕВА, В.М. КАПЦЕВИЧ, И.В. ЗАКРЕВСКИЙ, В.В. ОСТРИКОВ, Е.В. КОВАЛЕВИЧ	Универсальный электротигель для проведения экспресс-контроля показателей качества моторных масел в условиях предприятий АПК
К.В. БОРЕЛЬ	Методика комплексной оценки эффективности производственно-сбытовой системы организации АПК в условиях цифровой трансформации

Н.В. КИРЕЕНКО	Система доступа сельскохозяйственных товаров на рынки государств – членов Евразийского экономического союза
---------------	---

№ 3/2023

Н.Н. РОМАНЮК, И.С. КРУК, А.Н. ОРДА, В.А. ШКЛЯРЕВИЧ, А.С. ВОРОБЕЙ, Н.П. АМЕЛЬЧЕНКО	Моделирование взаимодействия с почвой ходовых систем колесных транспортно-тяговых машин
В.А. ШАРШУНОВ, А.Н. КАРТАШЕВИЧ, В.Н. БОСАК, Н.С. СЕНТЮРОВ	Поисковые эксперименты процесса выделения минеральных примесей из вороха льнокустры транспортером с волнообразной колеблющейся сетчатой лентой
В.А. ШАРШУНОВ, А.Н. КАРТАШЕВИЧ, М.В. ЦАЙЦ, С.В. КУРЗЕНКОВ	Теоретическое обоснование радиусов ротора и защитного кольца роторного бильно-вычесывающего устройства
В.П. ЧЕБОТАРЕВ, Г.А. РАДИШЕВСКИЙ, Г.Н. ПОРТЯНКО, Н.П. ГУРНОВИЧ, В.В. КОЗЛОВСКИЙ, Е.Ю. ПОЗНЯК	Повышение эффективности обработки почвы рыхлительным органом глубокорыхлителя
Н.К. ТОЛОЧКО, К.Л. СЕРГЕЕВ	Особенности фильтрационных процессов магнитно-абразивной обработки
П.П. КАЗАКЕВИЧ, А.Н. ЮРИН, В.В. МИКУЛЬСКИЙ, Г.А. ПРОКОПОВИЧ, Л.А. ХОДАСЕВИЧ	Применение искусственной нейронной сети для идентификации качества яблок при сортировке
Н.Ф. МАМОНОВА	Эволюция научных теорий адаптивного управления в АПК
Н.Н. БЫКОВ, В.Л. СЕЛЬМАНОВИЧ, А.Э. ШИБЕКО	Тенденции развития и пути повышения экономической эффективности производства сахарной свеклы в Республике Беларусь

№ 4/2023

Ч.И. ЖДАНОВИЧ, В.Н. ПЛИЩ	Экспериментальные исследования колебаний верхней ветви резиноармированной гусеницы сельскохозяйственного трактора
Т.А. СЕРГЕЕВА, М.В. КНИГА, Е.В. ТАРАЗЕВИЧ	Анализ и обобщение результатов исследования реципрокных кроссов амурского сазана с карпом разной породной принадлежности из коллекционного стада
Н.Н. БЫКОВ, Т.А. НЕПАРКО, Д.А. ЖДАНКО, А.С. ВОРОНЕНКО	Результаты полевых исследований использования укрывающей пленки при посеве кукурузы в условиях Республики Беларусь
Н.Г. КРЫЛОВА, А.В. КРУТОВ, В.А. КОВАЛЕВ	Теоретические основы исследования удельной электропроводности несортного молока методом диэлектрической (импедансной) спектроскопии
В.К. КОРНЕЕВА, В.М. КАПЦЕВИЧ, И.В. ЗАКРЕВСКИЙ, В.В. ОСТРИКОВ, И.В. ЛИТВИНОВ	Аналитическая феррография моторного масла – один из основных методов контроля износа трибосопряжений ДВС
К.В. БОРЕЛЬ	Стратегия развития on-line торговли аграрной продукцией в Республике Беларусь
С.Д. ЮДИЦКАЯ	Проблемные сельские территории: методические и практические аспекты

№ 5/2023

Д.А. ГРИГОРЬЕВ, А.М. КРАВЦОВ	Уравнение равновесного потока жидкости в системе сосок – доильный стакан
Ю.А. РАКЕВИЧ, И.И. ГИРУЦКИЙ, А.Г. СЕНЬКОВ	Выбор конструктивно-технологической схемы термографирования вымени коров

А.Н. ЛЕОНОВ, Т.А. НЕПАРКО, Е.Ю. ЖУШМА, ЛИ ЦИНЧЖЭНЬ, Э.В. ДЫБА	Стохастическое моделирование технологических процессов растениеводства с использованием ортогональных многочленов
М.А. ПРИЩЕПОВ, И.Г. РУТКОВСКИЙ	Математическое моделирование работы проточных многозонных электродных электронагревателей-датчиков при наличии отложений на электродах
В.М. ЗБРОДЫГА, М.А. ПРИЩЕПОВ, А.И. ЗЕЛЕНЬКЕВИЧ, И.В. ПРОТОСОВИЦКИЙ, Н.Е. ШЕВЧИК	Особенности работы трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-треугольник с зигзагом» при нелинейном характере нагрузки
В.К. КОРНЕЕВА, В.М. КАПЦЕВИЧ, И.В. ЗАКРЕВСКИЙ, И.А. ЛИТВИНОВ	Экспресс-метод качественной оценки содержания топлива в моторном масле
А.Л. КОСОВА	Оценка эффективности механизма управления сбалансированным развитием АПК Республики Беларусь на основе достижения целевых критериев устойчивости производства

№ 6/2023

А.А. ШУПИЛОВ	Метод агротехнической оценки механической обработки трав для ускорения влагоотдачи при скашивании косилками, оснащенными бильными устройствами
Т.А. СЕРГЕЕВА, М.В. КНИГА, О.В. ВИШНЕВСКАЯ, Е.В. ТАРАЗЕВИЧ	Сравнительная характеристика результатов зимовки годовиков селекционного зеркального карпа пятого поколения
С.Н. РАЗУМОВСКИЙ, В.Ф. РАДЧИКОВ	Эффективность использования комбикормов КР-1 с включением солодовых ростков в кормлении молодняка крупного рогатого скота
С.М. БАРАЙШУК, И.А. ПАВЛОВИЧ, М.Х. МУРОДОВ, В.В. БОГДАНОВИЧ	Способ снижения сезонных изменений сопротивления заземляющих устройств
М.А. ПРИЩЕПОВ, И.Г. РУТКОВСКИЙ	Разработка и исследование математических моделей статических и динамических характеристик проточных электродных электронагревателей
А.Э. ШИБЕКО, С.Л. КУЛАГИН	Оценка эффективности и проблемы технико-технологической модернизации молочного скотоводства Республики Беларусь
С.Л. БЕЛЯВСКАЯ, А.В. ЧИРИЧ	Агротуризм в Республике Беларусь как импульс развития сельских территорий

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:

*220023, г. Минск, пр-т Независимости, 99,
корп. 5, к. 602; 608. БГАТУ*

Агрегат для безотвальной обработки тяжелых почв АБТ-4и



Предназначен для безотвальной обработки тяжелых почв на глубину до 35 см, лущения жнивья, обработку почвы на зябь после уборки кукурузы, свеклы и картофеля, мульчирования, выравнивания и прикатывания поверхности поля, а также для подготовки окультуренных почв за два прохода под посев озимых зерновых, пожнивных и поукосных культур.

Зона применения – обработка тяжелых суглинистых полей.

Основные технические данные

Наименование показателя	Значение
Рабочая ширина захвата, м.....	4,0±0,1
Рабочая скорость движения, км/ч:	
– при глубине обработки до 35 см.....	6 – 8
– при глубине обработки до 25 см.....	8 – 10
Габаритные размеры, мм, не более:	
– в рабочем положении:	
– длина.....	8800
– ширина.....	4300
– высота.....	1400
Масса агрегата, кг.....	5200±100
Ширина междуследий рыхлительных лап, мм.....	355±25
Глубина рыхления до, см.....	35
Отклонение средней глубины обработки от заданной, см:	
– при глубине обработки до 35 см.....	±2
– при глубине обработки до 25 см.....	±1
Фракции почвы до 4 см в обработанном слое, не менее, %.....	80
Крошение почвы (за два прохода), %, размеры фракций, мм:	
– 0-25.....	не менее 80
– 50-100.....	не более 10
Подрезание сорняков и растительных остатков (при установке лап шириной захвата 200 мм).....	Должно быть полным
Поверхность поля после обработки должна быть выровненной, нижние слои почвы уплотнены, верхние – взрыхлены, допускаемые размеры гребней и бороздок, не более, см.....	4 – один проход 2 – два прохода
Плотность почвы в обработанном слое, г/см ³	1,0 – 1,3

