



ISSN 2078-7138

АГРОПАНОРАМА

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ДЛЯ РАБОТНИКОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

№ 6
декабрь
2018

В номере:

*Система машин для сельского хозяйства
Союзного государства Беларуси и России:
принципы и методы разработки*

*Ленточный посев мелкосемянных культур
обоснованием параметров комбинированного
сошника*

*Работа трансформатора со схемой соединения
обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым
проводом» при несимметричной нагрузке*

*Оценка экономической эффективности и проблемы
инновационного развития молочного
скотоводства Республики Беларусь*



С НОВЫМ, 2019 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.

С уверенностью можно сказать, что прошедший год был для коллектива нашего университета успешным и результативным.

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

Уходящий год был отмечен и новыми научными достижениями. Учеными, аспирантами и студентами БГАТУ внедрено в производство и образовательный процесс более 100 научных разработок, получено 24 патента Республики Беларусь на изобретения и полезные модели, издано 6 монографий, успешно защищено 5 канди-

датских диссертаций. Научные исследования проводились по приоритетным направлениям науки в рамках 8 государственных и региональных научно-технических программ, заданий Минсельхозпрода, Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и прямым договорам с предприятиями и организациями республики.

В Институте повышения квалификации и переподготовки кадров АПК БГАТУ повысили свою квалификацию и прошли переподготовку более 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 студенческих научных работ. Более 40 студентов удостоены стипендий Президента Республики Беларусь, имени Франциска Скорины, Минского обкома профсоюза работников АПК, Республиканского комитета белорусского профсоюза работников АПК и персональных стипендий Совета университета БГАТУ, награждены премией Специального фонда Президента Республики Беларусь по социальной поддержке одаренных учащихся и студентов.

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

От всей души поздравляю ученых, преподавателей, аспирантов, студентов и всех работников университета с Новым, 2019 годом и Рождеством!

Желаю всем в Новом году дальнейших творческих успехов в учебе и труде, новых научных достижений, оптимизма, настойчивости и удачи в осуществлении всех намеченных планов.

Дорогие друзья! Счастья, крепкого здоровья, благополучия и праздничного настроения Вам и Вашим близким!

**Ректор БГАТУ,
доктор технических наук,
профессор
И.Н. Шило**

АГРОПАНОРАМА 6 (130) декабрь 2018

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
Иван Николаевич Шило

Заместитель главного редактора
Михаил Александрович Прищепов

Редакционная коллегия:

И.М. Богдевич	П.П. Казакевич
Г.И. Гануш	Н.В. Казаровец
Л.С. Герасимович	А.Н. Карташевич
С.В. Гарник	Л.Я. Степук
В.Н. Дашков	В.Н. Тимошенко
Е.П. Забелло	А.П. Шпак

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

Компьютерная верстка
В.Г. Леван

Адрес редакции:

Минск, пр-т Независимости, 99/1, к. 220
Тел. (017) 267-47-71 Факс (017) 267-41-16

Прием статей и работа с авторами:

Минск, пр-т Независимости, 99/5, к. 602, 608
Тел. (017) 385-91-02, 267-22-14
Факс (017) 267-25-71
E-mail: AgroP@batu.edu.by

БГАТУ, 2018.

Формат издания 60 x 84 1/8.

Подписано в печать с готового оригинала-макета 21.12.2018 г. Зак. № 954 от 20.12.2018 г.

Дата выхода в свет 29.12.2018 г.

Печать офсетная. Тираж 100 экз.

Статьи рецензируются.

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

ЛП № 02330/316 от 30.01.2015 г.

Выходит один раз в два месяца.

Подписной индекс в каталоге «Белпочта» - 74884.

Стоимость подписки на журнал на 2-ое п/г 2018 г.:

для индивидуальных подписчиков - 17,61 руб.;

ведомственная - 19,29 руб.;

Цена журнала в киоске БГАТУ - 5,19 руб.

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

СОДЕРЖАНИЕ

Флагман аграрной энергетики

К 80-летию со дня рождения академика Национальной академии наук Беларуси, почетного профессора БГАТУ
Л.С. Герасимовича.....2

Сельскохозяйственное машиностроение. Металлообработка

П.П. Казакевич

Система машин для сельского хозяйства союзного государства
Беларуси и России: принципы и методы разработки.....4

Технологии производства продукции растениеводства и животноводства. Зоотехния

И.И. Гируцкий, В.И. Передня, Ю.А. Ракевич

Анализ инфракрасного изображения вымени коров.....9

Д.А. Яновский, Н.П. Гурнович, Г.Н. Портянко, С.Ф. Лойко

Ленточный посев мелкосемянных культур обоснованием
параметров комбинированного сошника.....13

И.М. Швед

Определение времени размыва осадка в навозохранилище.....16

Технологии переработки продукции АПК

И.И. Гургенидзе, О.В. Бондарчук, В.А. Пашинский

Технико-экономическое обоснование проекта внедрения
установки для интенсификации процесса производства
солода на пивоваренном предприятии.....20

Энергетика. Транспорт

М.А. Прищепов, В.М. Збродыга, А.И. Зеленькевич

Работа трансформатора со схемой соединения обмоток
«звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» при
несимметричной нагрузке.....25

Технический сервис в АПК. Экономика

Ю.Д. Карпиевич, И.И. Бондаренко, Д.А. Русакевич

Диэлектрическая проницаемость как показатель степени
выработки ресурса моторного масла.....32

Г.И. Гануш, А.А. Бурачевский

Методика расчета потребности сельхозорганизаций в технике
с учетом специфики природных условий.....35

Н.С. Яковчик, С.Л. Кулагин, А.Э. Шибeko, Н.Н. Быков, О.А. Карабань

Оценка экономической эффективности и проблемы
инновационного развития молочного скотоводства
Республики Беларусь.....40

Перечень статей, опубликованных в журнале «Агропанорама» в 2018 году.....46

ФЛАГМАН АГРАРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

**К 80-летию со дня рождения академика Национальной академии наук
Беларуси, почетного профессора БГАТУ Л.С. Герасимовича**



7 января 2019 года исполняется 80 лет со дня рождения Леонида Степановича Герасимовича – известного ученого в области аграрной энергетики, бывшего ректора БИМСХ – БГАТУ, доктора технических наук, профессора, академика НАН Беларуси.

Л.С. Герасимович родился 7 января 1939 года на Минщине. После окончания десятилетней школы, в 1955 году поступил в Минский энергетический техникум. Окончив его в 1958 году, работал монтажником КИП на Василевичской ГРЭС, старшим мастером в Институте энергетики АН БССР. В 1959 году Л.С. Герасимович поступил на заочный факультет Белорусского института механизации сельского хозяйства и перешел работать старшим лаборантом на кафедру электротехники института. С 1959 по 1962 гг. Л.С. Герасимович проходил срочную службу в рядах Советской Армии. После службы продолжил учебу на заочном факультете БИМСХ и одновременно работал конструктором, а затем старшим инженером исследовательской лаборатории автоматики в СКБ-3 Минавтопрома (1962 – 1967 гг.).

Имея опыт практической, конструкторской и исследовательской работы, квалификацию инженера-электрика и рекомендацию государственной экзаменационной комиссии, Леонид Степанович сразу же после окончания института, в 1967 году, посту-

пил в очную аспирантуру БИМСХ по специальности «Электрификация сельскохозяйственного производства». В 1970 году под руководством доктора технических наук, профессора И.Ф. Кудрявцева успешно защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук.

С 1970 по 1977 гг. Леонид Степанович – ассистент, старший преподаватель, доцент кафедры примененной электроэнергетики в сельском хозяйстве, декан факультета электрификации сельского хозяйства БИМСХ.

Все эти годы преподавательскую и административную работу он активно совмещал с научной работой. В 1978 году Леонид Степанович переведен на должность старшего научного сотрудника на два года для завершения докторской диссертации, а по окончании этого срока – на должность доцента кафедры теплотехники и гидравлики.

В 1982 году Л.С. Герасимович защитил докторскую диссертацию на тему: «Научно-технические основы низкотемпературного поверхностно-распределенного электронагрева в сельском хозяйстве». Спустя три года, за успешную научно-педагогическую деятельность ВАК СССР присвоила ему ученое звание профессора. В период с 1985 по 1990 гг. он исполнял обязанности заведующего кафедрой гидравлики и теплотехники, в дальнейшем преобразованной в кафедру энергетики.

В 1988 году Леонид Степанович назначен проректором по научной работе и в этом же году избран по конкурсу на должность ректора БИМСХ. В 1992 году БИМСХ одним из первых в Беларуси получил университетский статус и был преобразован в Белорусский государственный аграрный технический университет (БГАТУ). Для Леонида Степановича этот год знаменателен еще и тем, что он был избран членом-корреспондентом Академии аграрных наук Беларуси.

В этот сложный экономический период становления независимой Республики Беларусь ректор стал инициатором разработки и принятия «Комплексной программы самообеспечения и социальной защиты студентов и сотрудников БГАТУ на 1995–2000 гг. и на перспективу». Принимались различные меры для расширения уже действующих и создания новых направлений внебюджетной деятельности университета. Были организованы факультеты: общей аграрно-технической подготовки, предпринимательства и управления, гуманитарно-экологического, довузовской подготовки и профориентации молодежи, соответственно создан ряд новых общеобразовательных и специальных кафедр. Заочная подготовка специалистов сельского хозяйства поручена основным учебным факультетам. В университете создаются отдел маркетинга и трудоустройства выпускников вуза, общеуниверситетские кабинеты методической работы и психологической службы. При университете формируется ассоциация «ПТУ-ССУЗ-БГАТУ» в составе 20 профессионально-технических училищ, 8 средних

специальных учебных заведений, 2 колледжей, ставшая основой непрерывной интегрированной системы аграрно-технического образования. Организуется обучение учащихся в агротехнических классах средних школ и в агротехнических лицеях на базе ПТУ. В содружестве с промышленными предприятиями республики по производству сельскохозяйственной техники совершенствуется практическая подготовка студентов. Совместно с МТЗ и НИИ НАН Беларуси создаются филиалы кафедр. Вводится в эксплуатацию первая очередь учебно-лабораторного корпуса и здание кафедры практической подготовки студентов в Боровлянах.

В 1996 году Л.С. Герасимович избран академиком Академии аграрных наук Беларуси, а в 2003 году – НАН Беларуси.

Основные научные исследования Леонида Степановича связаны с разработкой новой элементной базы низкотемпературного поверхностно-распределенного электронагрева. Важными направлениями его научных исследований стали также технологии выращивания тепличных овощей в малообъемной культуре с использованием управляемой светокультуры, электротехнологические методы обработки влажных кормов, системы автоматизации электротепловых технологических процессов на базе саморегулируемых электронагревателей, системные исследования в аграрной энергетике, а в последние годы – комплексные энергосистемы агрогородков с использованием местных энергоресурсов и ВИЭ.

В это же время он явился инициатором создания рецензируемого научно-технического журнала «Агропанорама» и двух Советов по защите кандидатских и докторских диссертаций в БГАТУ.

Важное значение имеет учебно-научная и научно-методическая деятельность Л.С. Герасимовича по совершенствованию качества агроинженерного образования. Он подготовил и ввел в учебный процесс университета авторские лекционные курсы: «Системный анализ агроэнергетики», «Основы инженерного творчества», а по материалам многочисленных зарубежных творческих стажировок, для факультета переподготовки преподавателей аграрных учебных заведений – авторский курс «Зарубежные системы образования». Существенное внимание уделялось научной работе студентов.

В 1996 году Леониду Степановичу присвоено почетное звание «Заслуженный работник образования Республики Беларусь». За годы педагогической работы в вузе Леонид Степанович внес существенный вклад в подготовку высококвалифицированных специалистов, работающих в различных отраслях народнохозяйственного комплекса страны. Он автор более 100 патентов и авторских свидетельств на изобретения, удостоен знака «Изобретатель СССР», имеет четыре медали ВДНХ СССР, три правительственные и другие награды за достижения в науке и образовании. Л.С. Герасимович опубликовал около 400 научных и учебно-методических работ, в том числе им издано более 20 книг и учебных пособий.

В течение многих лет Леонид Степанович работал в экспертных Советах ВАК СССР и Республики Беларусь, был членом специализированных докторских и кандидатских Советов, различных республиканских и международных комитетов, научных, экспертных и редакционных Советов, возглавлял общественную организацию «Знание» столичной области.

Под научным руководством и консультированием Л.С. Герасимовича подготовлено 4 доктора наук (А.Н. Орда, Е.М. Заяц, П.И. Дячек, М.А. Прищепов) и 11 кандидатов наук (В.П. Степанцов, В.А. Коротинский, Ю.М. Голэмбевски, А.Л. Хомич, М.А. Прищепов, В.А. Ковалев, А.М. Фолитарик, В.П. Шипуль, Л.А. Липницкий, А.В. Крутов, А.А. Алекперов). Среди его учеников – проректоры, деканы и заведующие кафедрами в БГАТУ и за рубежом, руководители и бизнесмены.

Уникальность личной творческой судьбы выпускника БИМСХ – БГАТУ, ставшего первым из его выпускников ректором БИМСХ – БГАТУ, является ярким примером для подражания последующих поколений выпускников университета. И сегодня, встречая свой 80-летний юбилей, академик НАН Беларуси, доктор технических наук, профессор Леонид Степанович Герасимович продолжает плодотворно трудиться на ниве образования и науки.

Ректорат, редколлегия журнала «Агропанорама», агроэнергетический факультет, работники и студенты университета сердечно поздравляют Леонида Степановича с юбилеем!

Желаем крепкого здоровья, активного долголетия, благополучия, счастья, новых творческих замыслов и научных достижений на благо нашей родной Беларуси!

И.В. Протосовицкий,
декан агроэнергетического
факультета БГАТУ,
кандидат технических наук,
доцент

УДК 631.171

СИСТЕМА МАШИН ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА СОЮЗНОГО ГОСУДАРСТВА БЕЛАРУСИ И РОССИИ: ПРИНЦИПЫ И МЕТОДЫ РАЗРАБОТКИ

П.П. Казакевич,

заместитель Председателя Президиума Национальной академии наук Беларуси,
член-корреспондент НАН Беларуси, докт. техн. наук, профессор

Организация разработки и производства машин для реализации современных агротехнологий – задача сложная и высокочатратная. Ее эффективное решение предполагает кооперирование научно-технического и технико-производственного потенциалов Беларуси и России в рамках Союзного государства на основе опыта формирования Системы машин для сельскохозяйственного производства в Советском Союзе. Выполнен анализ и определены направления развития тракторов, зерно- и кормоуборочных комбайнов, почвообрабатывающей, посевной и другой техники для эффективного выполнения технологических процессов в сельском хозяйстве. Показано, что предстоит не только нарастить недостаточное количество техники, но эта техника должна быть иного технического уровня, которая способна реализовать самые современные инновационные достижения, прежде всего в сфере аграрных ИТ-технологий. Формирование единой технической политики в области сельхозмашиностроения Беларуси и России целесообразно на платформе Системы машин сельскохозяйственного назначения Союзного государства. Основанием ее разработки может быть научно-техническая программа Союзного государства. Выполнение мероприятий программы позволит разработать эффективную Систему машин, реализация которой снизит удельные затраты труда при производстве продукции зерновых и зернобобовых культур на 15-20 %, пропашных и кормовых культур – на 20-25 %, плодовых, ягодных и овощных культур на 25-30 %, общие затраты топлива – на 20-25 % [1], что существенно повысит конкурентоспособность аграрной продукции в Союзном государстве Беларуси и России.

Ключевые слова: аграрное производство, техническое обеспечение агротехнологий, тракторы, комбайны, почвообрабатывающие и посевные машины, аграрные ИТ-технологии, Система машин сельскохозяйственного назначения, программа Союзного государства Беларуси и России.

Organization of the development and production of machines for implementing modern agricultural technologies is a complex and cost demanding problem. Its effective solution presumes combining the research, technical and production potential of Belarus and Russia within the framework of the Union State on the basis of formation of the system of agricultural machines in the Soviet Union. The analysis is conducted, and the directions of the development of tractors, grain and forage harvesters, tilling, sowing and other machines for efficient application of technologies in agriculture are determined. It is shown that insufficient amount of machinery has not only to be increased, but this machinery must be of another technological level and implement up-to-date innovative achievements, first of all in the sphere of agricultural IT-technologies. The formation of single technical policy in the field of agricultural machine industry of Belarus and Russia is reasonable on the foundation of the agricultural machines system of the Union State. The scientific and technical program of the Union State can be the basis for its development. The program implementation will allow developing the efficient System of machines which will reduce the labour content per unit of output while producing grain and leguminous crops by 15-20 %, fodder crops - by 20-25 %, fruit, and berry and vegetable crops – by 25-30 %, and fuel costs – by 20-25 % [1]. It will increase significantly the competitiveness of agricultural products in the Union State of Russia and Belarus.

Keywords: agricultural production, technological support to agricultural technologies, tractors, harvesters, tilling and sowing machines, agricultural IT-technologies, agricultural machines system, program of the Union State of Russia and Belarus.

Введение

Обеспечение продовольственной безопасности является одним из важнейших приоритетов государства. Поэтому столь значимо развитие агропромышленного комплекса. Следует заметить, что все экономически развитые страны мира начинали с развития сельского хозяйства и поддерживают его сегодня.

В Республике Беларусь продовольственная безопасность обеспечена. Каждому жителю страны доступно суточное потребление продовольствия, энергетическая ценность которого составляет почти 3400 кКал. Это близко по величине к показателям развитых стран Европы.

Однако удерживать достигнутое в современном мире не просто. Несмотря на то, что почти миллион населения нашей планеты голодает, мировой рынок

продовольствия характеризуется высокой конкуренцией, а требования безопасности к продуктам питания становятся жестче.

В таких реалиях нельзя допустить отставания развития сельского хозяйства, являющегося ведущей отраслью агропромышленного комплекса. Конечно эта задача многогранна, так как успехи аграрной отрасли обусловлены не только рукотворными достижениями, но и природно-производственными условиями.

Стабильность развития сельского хозяйства определяется действием многих факторов. Это и новые сорта культур, породы животных, формы удобрений, средства защиты и другое, но в условиях постоянно снижающегося числа работников на селе по причине урбанизации, роста цен на потребляемые им ресурсы особую значимость имеют применяемые технологии производства, реализуемые с помощью технических средств.

Организация разработки и производства машин для реализации современных технологий в сельском хозяйстве – задача сложная и высокотратная. Однако она может быть эффективно решена путем кооперирования научно-технического и технико-производственного потенциалов Беларуси и России на основе богатого опыта формирования Системы машин для сельскохозяйственного производства в Советском Союзе.

Этой цели посвящена настоящая статья.

Основная часть

Чем совершеннее сельскохозяйственные машины и оборудование, более надежны они технически, чем полнее ими оснащение, тем выше можно ожидать результат труда сельхозпроизводителей.

Примером этого является сельское хозяйство развитых стран, где 1,5-2 % занятого на селе трудоспособного населения обеспечивают не только продовольствием страну, но и вносят в ВВП около 60 тыс. долл. США на одного работника.

Во многом это обусловлено уровнем технической оснащенности. Так, показатель энергооснащенности в сельском хозяйстве этих стран составляет порядка 300 л.с. на 100 га сельскохозяйственных угодий. В нашей республике – немногим более 250 л.с. (рис. 1). Однако результативность сельского хозяйства разная. Во многом она связана с недостатком техники для ведения работ в агросроки и ее изношенностью. Техническая обеспеченность хозяйств составляет порядка 75 % от нормативной. Кроме того, по оценке, 70 % машин находятся за пределами амортизационного срока эксплуатации. В последние 3 года обновление машинотракторного парка в среднем осуществлялось на уровне 3 %.

На выполнении основных механизированных работ в республике задействовано чуть более 40 тыс. тракторов различного тягового класса (табл. 1). При этом в структуре парка наблюдается явный избыток тракторов мощностью до 100 л.с., которые не могут агрегатироваться с современными широкозахватными, многофункциональными агрегатами, большегрузными прицепами. Актуально увеличение числа тракторов мощностью не менее 450 л.с. тягового класса 6.

Обеспеченность кормоуборочными комбайнами (рис. 2) в Беларуси составляет 79 %. Однако основу их парка (свыше 50 %) составляют комбайны малой мощности и производительности.

Для уборки зерна сформирован парк зерноуборочной техники, состоящий преимущественно из отечественных комбайнов пропускной способностью 8-14 кг/с. Оптимальным по составу является парк зерноуборочных комбайнов, состоящий из 13,5 тыс. единиц, в том числе комбайнов с пропускной способностью до 10 кг/с – 34,5 %, 10-12 кг/с – 57,2 %, свыше 12 кг/с – 8,3 %. В настоящее время потребность в комбайнах пропускной способностью до 10 кг/с обеспечена на 70 %, а комбайнов свыше 12 кг/с –

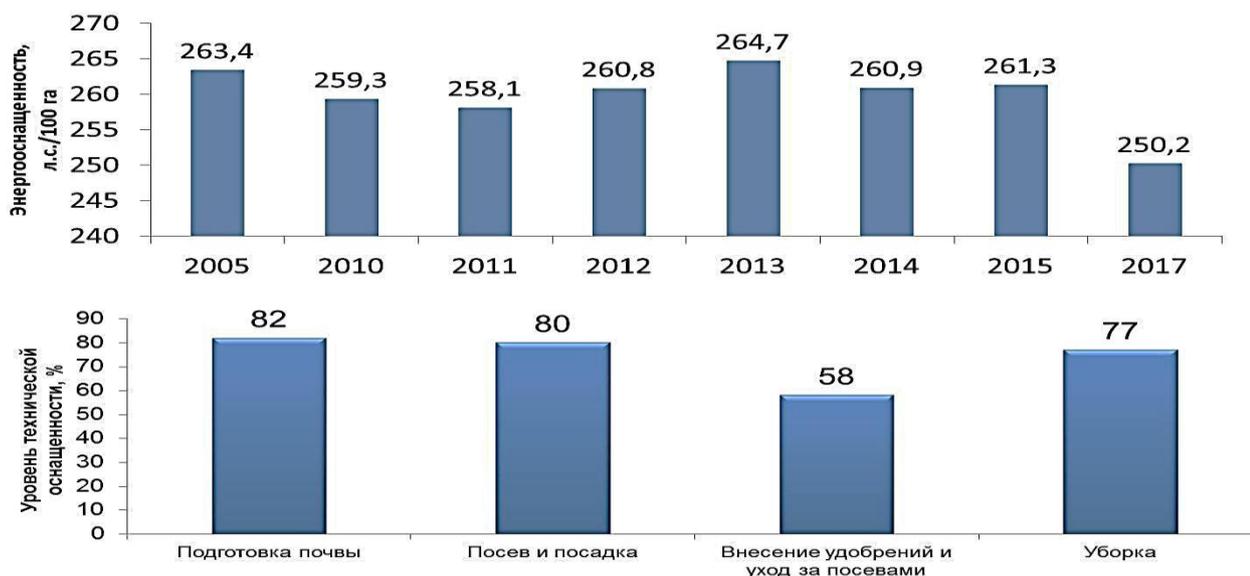


Рис. 1. Динамика энергооснащенности и уровень технической оснащенности технологических процессов в сельском хозяйстве Республики Беларусь

Таблица 1. Уровень технической обеспеченности основными видами техники в сельскохозяйственных организациях Республики Беларусь

Наименование сельскохозяйственной техники	Технологическая потребность, единиц	Фактическое наличие, единиц	Уровень обеспеченности, %
Тракторы всего:	43255	41297	95,5
в т.ч. класса до 1,4	17347	24030	138,5
класса 2	12834	9131	71,1
класса 3-4	2139	1282	59,9
класса 5 и выше	10933	6854	62,7
Комбайны зерноуборочные:	13500	9421	69,7
в т.ч. с пропускной способностью до 10 кг/с	4657	2847	53,4
с пропускной способностью от 10 до 12 кг/с	7723	5835	75,6
с пропускной способностью свыше 12 кг/с	1120	739	65,9
Самоходные кормоуборочные комбайны:	5051	3989	79,0
в т.ч. с мощностью двигателя до 300 л.с.	1981	1955	98,7
с мощностью двигателя свыше 300 л.с.	3070	2037	66,4

около 64 % [2].

Проблема недостаточной оснащенности сельхозпроизводителей техникой в полной мере характерна и для Российской Федерации.

Предстоит не только нарастить недостаточное количество техники, но эта техника должна быть уже иного технического уровня, реализующая самые современные инновационные достижения, прежде всего в сфере аграрных IT-технологий.

В мировом сельхозмашиностроении главным сегодня является высокая производительность машин, их технологическая многофункциональность и универсальность, адаптивность к современным принципам управления. Все производители работают на кооперационных началах, совершенствуют конструкции рабочих органов, повышают качество изготовления техники, ее технологическую и техническую надежность, в том числе за счет сужения специализации. Эти требования касаются всего спектра сельскохозяйственной техники.

Например, в тракторостроении увеличивается типоразмерный ряд при диапазоне мощностей двигателя до 600 л.с. и более. Тракторы оснащаются системами GPS и «Глонасс-мониторинга», обеспечивающими сбор и хранение большого количества параметров работы агрегатов. Устанавливается оборудование для автоматического параллельного вождения, программируемого разворота на поворотной полосе или, так называемые, элементы «точного земледелия» и другое.

В области почвообработки интенсивно ведется работа в направлении создания многокорпусных плугов к энергонасыщенным тракторам, приспособлений для дополнительной обработки пласта и пер-

спективных рабочих органов. Актуальна разработка комплекса машин для системы вертикальной обработки почвы (зерновые, кукуруза). В условиях такой обработки растения более засухоустойчивы, получают больше питательных веществ и, в целом, имеют намного более развитую корневую систему, что обеспечивает прибавку урожая до 10 %. Заслуживает изучения в наших зонах, так называемая, strip-till обработка почвы. Ее суть – полосовое рыхление на глубину прикорневого слоя с одновременным внесением удобрений. Урожайность при этом увеличивается на 15-25 %.

В области посева приоритетна новая техника с шириной захвата 12-20 м к тракторам тяговых классов 5-6 и выше для работы на скоростях свыше 15 км/ч.

Одним из направлений, позволяющих существенно снизить затраты труда и расход топлива при обработке почвы и посеве, является прямой посев. Если расход топлива при традиционной обработке составляет суммарно порядка 50 л/га, безотвальной – 36, мульчирующей – 26, то при прямом посеве всего лишь 14 л/га.

Особый интерес представляют многофункциональные комплексы, выполненные по блочно-модульной схеме. Комбинируя модули, получают различные агрегаты, позволяющие выполнять несколько операций и использовать комплекс с ранней весны до поздней осени.

Значительное распространение получило управление посевной машиной с помощью бортового компьютера и автоматизированный контроль высева от дозирования до заделки семян в почву.

В области внесения средств защиты растений актуальной проблемой является регулировка и контроль нормы внесения рабочего раствора. Отклонение фактической нормы внесения от заданной может составлять 20-30 % при допустимой величине – до 10 %. В целях поддержания концентрации рабочего раствора и обеспечения нормы внесения пестицидов устанавливаются системы компьютерного контроля, дистанционного и автоматического регулирования работы опрыскивателей. Такие опрыскиватели расходуют в среднем на 10 % меньше пестицидов.

В области уборочных работ проводятся работы по увеличению пропускной способности комбайнов и мощности их двигателей; сокращению до минимума потерь и повреждений зерна; применению современных систем управления и контроля технологических процессов на базе электронных вычислительных устройств, вплоть до спутниковых систем определения координат машины для подсчета убранных площадей и средней урожайности отдельных участков полей.

В области применения элементов системы точного земледелия (рис. 2) совершенствуется и расширяется номенклатура применяемых электрон-



Рис. 2. Основные элементы точного земледелия

ных средств контроля на тракторах, зерно- и кормоуборочных комбайнах, а также на ряде других сложных сельскохозяйственных машин.

В области механизации животноводства также интенсивно внедряются новые машины и оборудование, направленные на переход его отраслей к «точному животноводству». В этом плане, особенно в молочном скотоводстве, в нашей республике сделан значительный шаг. Фактически организовано индустриальное производство не только свинины, птицы, но и молока. Сегодня более 60 % поголовья коров содержится на новых и модернизированных комплексах с доением в залах, беспривязным содержанием коров. В этом году внедрена система идентификации животных.

Однако говорить о полномасштабности освоения на практике «точного животноводства» нельзя. Мы значительно отстаем от организации компьютерного управления стадом, отечественных программ управления процессами доения, кормления, контроля за здоровьем животных.

С учетом этих принципов и подходов следует вести разработку новой техники для растениеводческих и животноводческих отраслей Беларуси и России. Синергетический эффект в этом деле может быть достигнут путем выработки единой технической политики в области сельхозмашиностроения, а также объединения научно-технического, конструкторского и производственного потенциалов двух стран. Концептуальной платформой этой политики может стать **Система машин сельскохозяйственного назначения Союзного государства**.

Система машин – это научно-обоснованная структурированная совокупность инновационных высокоэффективных комплексов машин и оборудования, применение которых обеспечит в сельском хозяйстве Беларуси и России конкурентоспособность на основе реализации инновационных, ресурсосбере-

гающих, экологически чистых технологий производства основных видов сельскохозяйственной продукции.

В основе Системы машин должны быть автоматизированные, роботизированные, интеллектуальные машинные системы для отраслей растениеводства и животноводства. Это позволит разрабатывать и выпускать приоритетные группы собственной сельскохозяйственной техники на основе глубокой кооперации белорусско-российских производите-

лей [3].

Основанием для разработки Системы машин может быть научно-техническая программа Союзного государства.

Ее целью является формирование эффективной структуры парка и рынка сельскохозяйственной техники для обеспечения внутренней потребности Союзного государства, экспорта техники, а также повышение эффективности и конкурентоспособности производства, первичной обработки и хранения основных видов сельхозпродукции на основе технического обеспечения ресурсосберегающих агро-экологических технологий.

За основу формирования структуры машин нового поколения целесообразно принять типы технических средств, а не конкретные марки машин и оборудования. Типаж определяется системой технических, эксплуатационных, технологических, экологических, экономических параметров и совокупностью моделей технических средств, определенных на основе технико-экономического анализа. Основой классификации типажей машин рационально определить тракторы сельскохозяйственного назначения, включающие 11 тяговых классов (от 0,1 до 8) [4].

Реализация программы позволит:

- сформировать перспективную Систему типажей машин и оборудования для реализации ресурсосберегающих, экологически чистых технологий производства сельскохозяйственной продукции в Республике Беларусь и Российской Федерации;
- разработать приоритетные высокоэффективные машины и оборудование для реализации Системы машин Союзного государства, подготовить условия для производства этих технических средств;
- создать предпосылки для специализации и кооперации промышленных предприятий Союзного

государства по эффективному производству машин и оборудования с учетом достигнутых результатов и имеющегося конструкторского и производственного потенциалов;

– обеспечить условия для оснащения сельскохозяйственных предприятий Союзного государства перспективными машинами и оборудованием для повышения качества продукции, снижения расхода материальных, трудовых и энергетических ресурсов, обеспечения ее конкурентоспособности на внутреннем и внешнем рынках [5].

Кроме того, будут созданы условия для организации серийного производства комплектов импортозаменяющего оборудования с целью комплексного оснащения сельскохозяйственной техники системами автоматического вождения, технического зрения, что позволит расширить использование системы ГЛОНАСС и внедрять в сельскохозяйственное производство новые интеллектуальные машинные технологии.

Заключение

В Советском Союзе Системе машин для сельхозпроизводства придавалось особое значение, а первая такая система была разработана на 1957 – 1965 годы. Система машин служила своего рода оценкой уровня механизации сельского хозяйства, только она позволяла принимать решение о постановке техники на производство.

Несмотря на то, что на разработку машин сегодня направляются не только средства государства, но и частных структур, предприятия которых эти машины и производят, наличие такого документа свидетельствовало бы о научно-обоснованных приоритетных направлениях развития сельскохозяйственного машиностроения, машинных технологий производства сельскохозяйственной продукции в Беларуси и России.

Началом такой совместной работы актуально считать разработку подсистем машин для зерно- и кормопроизводства, молочного скотоводства, плодородства и льноводства. Первые три являются ведущими отраслями сельского хозяйства наших стран и формирование их как базовых платформ цифрового сельского хозяйства вполне обоснованно.

Практическое выполнение мероприятий научно-технической программы Союзного государства позволит сократить удельные затраты труда при производстве продукции зерновых и зернобобовых культур на 15-20 %, пропашных и кормовых культур – на 20-25 %, плодовых, ягодных и овощных культур на 25-30 %, общие затраты топлива – на 20-25 % [1].

Изложенное рассмотрено и одобрено на состоявшемся V Форуме регионов Беларуси и России, прошедшем в текущем году в г. Могилеве.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Яковчик, С.Г. Технические средства для реализации инновационных технологий производства сельскохозяйственной продукции в Республике Беларусь на современном этапе / С.Г. Яковчик // Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации Государственной программы развития сельского хозяйства: сб. науч. докл. Междунар. науч.-техн. конф., Москва, 15–16 сент. 2015 г. / Всерос. науч.-исслед. ин-т механизации сел. хоз-ва; редкол.: А.Ю. Измайлов (отв. ред.) [и др.]. – М., 2015. – Ч. 1. – С. 14-18.

2. О Республиканской программе оснащения современной техникой и оборудованием организаций агропромышленного комплекса, строительства, ремонта, модернизации производственных объектов этих организаций на 2011–2015 годы [Электронный ресурс]: Указ Президента Респ. Беларусь, 24 янв. 2011 г., № 35 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2018.

3. Измайлов, А.Ю. Актуальность разработки перспективной системы машин и технологий для производства основных видов сельскохозяйственной продукции в Российской Федерации и Республике Беларусь / А.Ю. Измайлов, Я.П. Лобачевский // Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации Государственной программы развития сельского хозяйства: сб. науч. докл. Междунар. науч.-техн. конф., Москва, 15–16 сент. 2015 г. / Всерос. науч.-исслед. ин-т механизации сел. хоз-ва; редкол.: А.Ю. Измайлов (отв. ред.) [и др.]. – М., 2015. – Ч. 1. – С. 10-14.

4. Измайлов, А.Ю. Система технологий и машин для инновационного развития АПК России / А.Ю. Измайлов, Я.П. Лобачевский // Система технологий и машин для инновационного развития АПК России: сб. науч. докл. Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 145-летию со дня рождения основоположника земледельч. механики акад. В.П. Горячкина / Всерос. науч.-исслед. ин-т механизации сел. хоз-ва; редкол.: А.Ю. Измайлов (отв. ред.) [и др.]. – М., 2013. – Ч. 1. – С. 7-10.

5. Иванов, Ю.А. Инновационное инженерное обеспечение производства высококачественной продукции животноводства / Ю.А. Иванов, Е.Б. Петров // Система технологий и машин для инновационного развития АПК России: сб. науч. докл. Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 145-летию со дня рождения основоположника земледельч. механики акад. В.П. Горячкина / Всерос. науч.-исслед. ин-т механизации сел. хоз-ва; редкол.: А.Ю. Измайлов (отв. ред.) [и др.]. – М., 2013. – Ч. 1. – С. 50-54.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 28.11.2018

УДК 636.2.034:004

АНАЛИЗ ИНФРАКРАСНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ ВЫМЕНИ КОРОВ

И.И. Гируцкий,

профессор каф. автоматизированных систем управления производством БГАТУ, докт. техн. наук, доцент

В.И. Передня,

гл. науч. сотр. РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», докт. техн. наук, профессор

Ю.А. Ракевич,

аспирант каф. автоматизированных систем управления производством БГАТУ

В статье описано преимущество использования инфракрасного изображения вымени коров с существующими методами и способами для определения мастита, а также факторы, влияющие на проведение исследований. Определена методика проведения экспериментального исследования, инфракрасного изображения вымени коров.

Ключевые слова: инфракрасное изображение, мастит, вымя, температура.

The article describes the advantage of using the infrared image of the udder of cows with existing methods and methods for determining mastitis, as well as the factors that influence the conduct of research. The technique of carrying out the experimental research, the infrared image of the udder of cows has been determined.

Keywords: infrared image, mastitis, udder, temperature.

Введение

Мастит является наиболее распространенным инфекционным заболеванием у молочного скота. Раннее выявление мастита очень важно для снижения экономических потерь молочной промышленности. Автоматические методы раннего и надежного обнаружения мастита в настоящее время находятся на стадии разработки. Температура поверхности кожи является важным показателем для диагностики болезней коровы и для оценки их физиологического статуса.

Инфракрасная термография (IRT) представляет собой простой, эффективный, неинвазивный метод, который обнаруживает поверхностное тепло, излучаемое как инфракрасное излучение, и генерирует графические изображения, не вызывая радиационного облучения.

В сельском хозяйстве IRT можно использовать как диагностический инструмент для оценки нормального и физиологического состояния животного с целью раннего выявления субклинического мастита [1], выявления хромоты [2], оценки эффективности использования кормов [3] и воздействия доильного оборудования на вымя и соски животного [4].

Цель настоящей работы – провести экспериментально сравнительный анализ инфракрасного изображения вымени и сосков у здоровых коров и с заболеванием маститом в процессе доения доильным аппаратом марки GEA Westfalia Classic 300 с помощью тепловизора марки DT – 9875.

Основная часть

Крупный рогатый скот – гомоотермы, т.е. они могут поддерживать постоянную температуру тела в пределах определенного температурного диапазона.

Терморегуляция происходит в гипоталамусе, где обрабатываются афферентные сигналы от рецепторов температуры кожи, спинного мозга и гипоталамуса.

Тепловыделение осуществляется через физические процессы проводимости, конвекции, испарения и излучения (рис. 1).

При проведении исследований регистрировались возможные влияющие факторы на измерение температуры поверхности с помощью IRT: температура доильного зала, температура окружающей среды, влажность воздуха, факторы окружающей среды (скорость воздуха), загрязнения животных, время суток, возраст и период лактации.

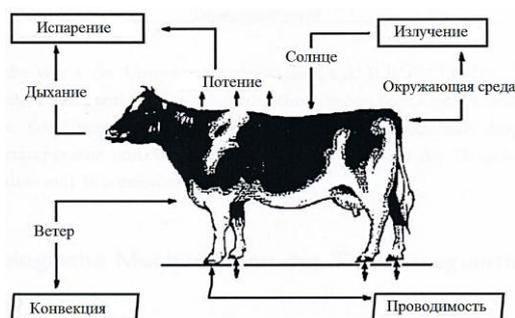


Рис. 1. Структура тепловыделений крупного рогатого скота

Температура доильного зала при проведении экспериментальных исследований была в пределах 20...25 °С. Перед тем, как взять изображение IRT, животные были адаптированы к температурному режиму, нарушение которого может быть вызвано стрессовой ситуацией, либо пребыванием животного в температур-

ных условиях, резко несовпадающих с температурой доильного зала, в котором происходит исследование. Период адаптации длился 15...20 минут (наличие фаз сужения и расширения кожных сосудов) [5]. Животные находились в стоячем положении, в спокойном состоянии, без попадания солнечных лучей и отсутствия движения воздуха (холодных потоков).

Затем чистым полотенцем вытералось вымя от загрязнений. После вытирания вымени, животному давали отдохнуть в течение 10-15 минут до того, как были сделаны снимки.

Изображения снимались в положении стоя на расстоянии 0,6-1 м [6]. Изображения передней части брались с боковой стороны животного, а задние части с задней стороны. При изучении инфракрасных изображений самая теплая область выглядит белой, а самая холодная синей.

Экспериментальное исследование проводилось на молочно-товарной ферме «Павлово – Агро», СПК филиал ОАО «Слонимский мясокомбинат» Слонимского района, Гродненской области системой автоматизированной диагностики, тепловизором марки DT – 9875 доильных аппаратов марки GEA Westfalia Classic 300, на основе оперативного анализа инфракрасных изображений вымени (рис. 2).



Рис. 2. Доильный аппарат марки GEA Westfalia Classic 300 с тепловизором марки DT – 9875

Термографию осуществляли с помощью тепловизора марки DT – 9875, установленного на штативе на заданном расстоянии (0,6 метра), в процессе доения. Время сканирования – 3 сек. Измерения проводились с точностью до 0,02°C. Прибор позволяет создавать цифровые снимки – термограммы, что дает возможность их последующего анализа с использованием ПК. Основные параметры, при которых проводились экспериментальные исследования, представлены в таблице 1.

Для термографии отбирали высокоудойных, полностью здоровых коров без патологии молочной

Таблица 1. Основные параметры, при которых проводились экспериментальные исследования

Коэффициент теплового излучения	0,98
Температура в доильном зале, °C	22
Влажность воздуха, %	60
Расстояние до объекта, м	0,6
Вакуумметрическое давление, кПа	40

железы и заболевания маститом. На рисунке 3 представлено инфракрасное изображение вымени коровы без патологии молочной железы. Максимальная температура в области вымени составляет 34,8 °C.

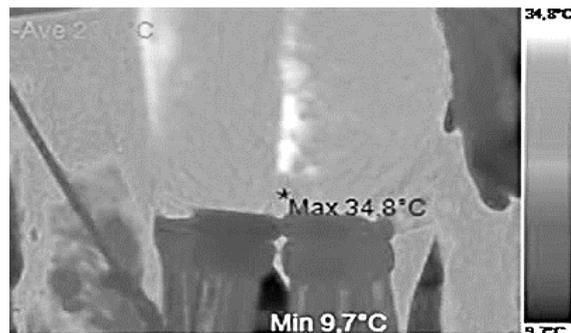


Рис. 3. Инфракрасное изображение вымени коровы без патологии молочной железы в процессе доения

На рисунке 4 представлено инфракрасное изображение вымени коровы с заболеванием маститом. Максимальная температура в области вымени составляет 40,5 °C.

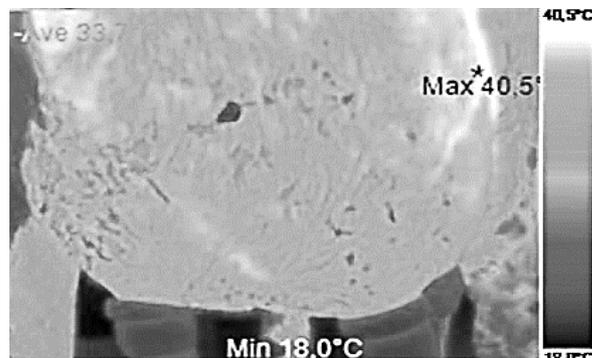


Рис. 4. Инфракрасное изображение вымени коровы с заболеванием маститом в процессе доения

При анализе термограмм молочной железы хорошо видно, что самая высокая температура отмечается в паховой области и в центральной части, вблизи соприкосновения с конечностями. Это связано с наличием большего количества соединительной ткани по сравнению с другими областями молочной железы. Повышенная температура вымени с заболеванием маститом удерживалась на протяжении всего процесса доения.

Далее стояла задача установить, как изменится температура сосков после доения у здоровых коров и с маститом. На рисунке 5 представлено инфракрасное изображение вымени сосков без патологии молочной железы после доения.

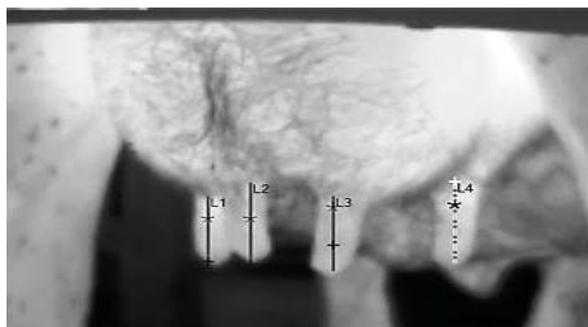


Рис. 5. Инфракрасное изображение вымени сосков без патологии молочной железы после доения: L1 – длина левого переднего соска; L2 – длина левого заднего соска; L3 – длина заднего правого соска; L4 – длина переднего правого соска

С помощью программного обеспечения тепловизора были получены значения показателей распределения температуры по длине сосков без патологии молочной железы после доения (табл. 2).

Таблица 2. Значение показателей распределения температуры по длине сосков после доения

№ длины сосков	Минимальная температура сосков, °С	Средняя температура сосков, °С	Максимальная температура сосков, °С
L1	27,4	32,9	34,5
L2	29,2	32,5	34,8
L3	27,2	32,7	33,7
L4	27,9	32,1	33,8

На основании полученных данных, приведенных в таблице 2, были построены графики распределения температуры по длине сосков без патологии молочной железы после доения с помощью программного обеспечения тепловизора (рис. 6).

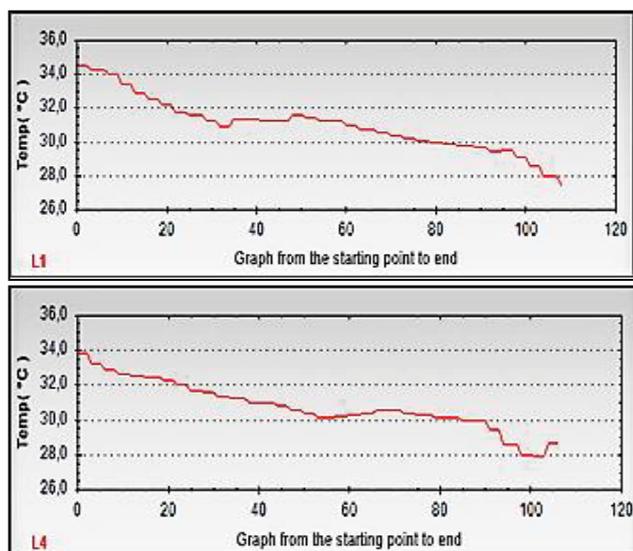


Рис. 6. Графики распределения температуры по длине сосков без патологии молочной железы после доения

Анализируя графики, можно видеть, что распределение температуры по длине сосков происходит равномерно по всей длине сосков. Максимальная температура наблюдалась в верхушке сосков и составляла 34,8 °С.

Далее был получен снимок инфракрасного изображения вымени сосков с заболеванием маститом после доения (рис. 7).

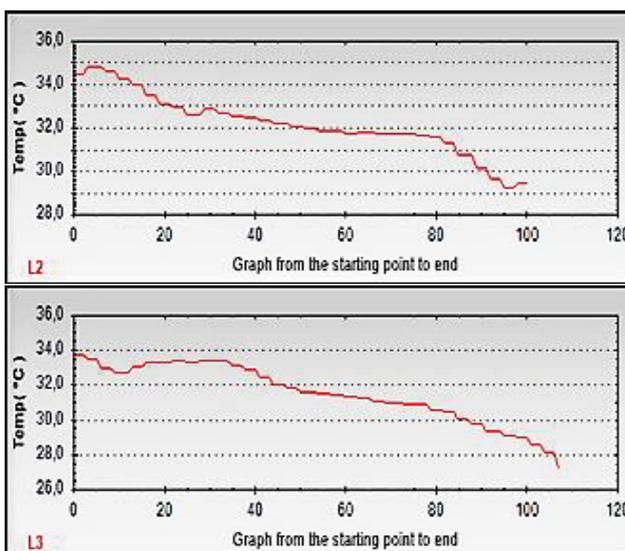


Рис. 7. Инфракрасное изображение вымени сосков с заболеванием маститом после доения: L1 – длина левого переднего соска; L2 – длина левого заднего соска; L3 – длина заднего правого соска; L4 – длина переднего правого соска

С помощью программного обеспечения тепловизора были получены значения показателей распределения температуры по длине сосков с заболеванием маститом после доения (табл. 3).

На основании полученных данных, приведенных в таблице 3, были построены графики распределения температуры по длине сосков с заболеванием маститом, после доения с помощью программного обеспечения тепловизора (рис. 8).

Анализируя графики, можно видеть, что распределение температуры по длине сосков происходит неравномерно в начале верхушки сосков. Максимальная температура наблюдалась в верхушке сосков и составляла 36,2 °С. Основными достоинствами метода теп-



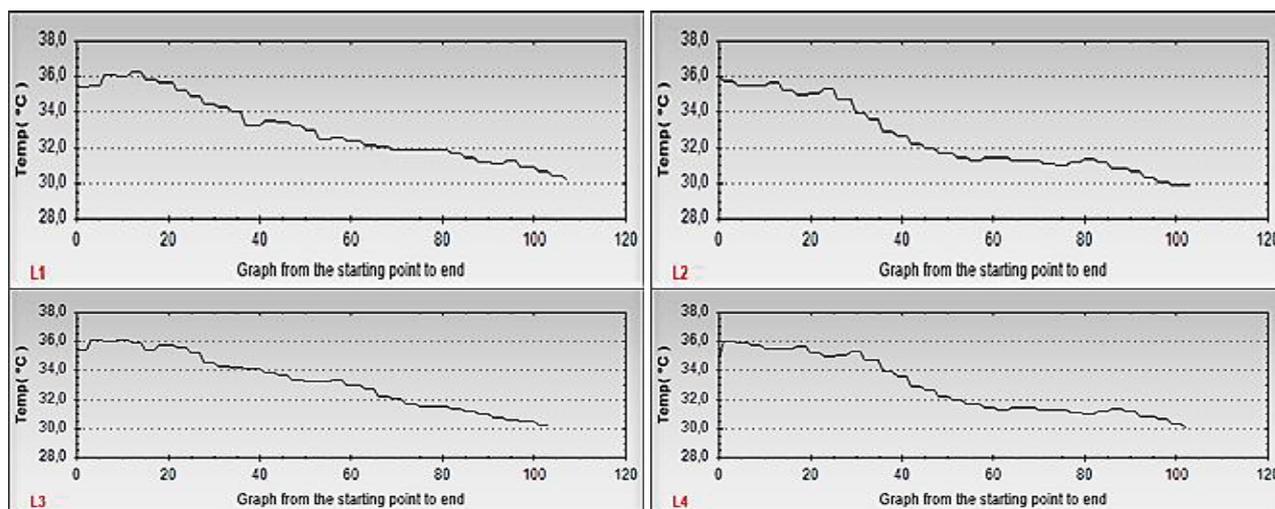


Рис. 8 Графики распределения температуры по длине сосков с заболеванием маститом после доения

Таблица 3. Значение показателей распределения температуры по длине сосков после доения с заболеванием маститом

№ длины сосков	Минимальная температура сосков, °С	Средняя температура сосков, °С	Максимальная температура сосков, °С
L1	30,2	33,2	36,2
L2	29,9	32,9	35,9
L3	30,2	33,1	36
L4	30,1	30	35,9

ловидения по сравнению с существующими методами и способами для определения мастита являются:

- возможность быстрого (скорость сканирования не более 3 секунд) бесконтактного получения изображения зон аномальной температуры молочной железы;
- безопасность, возможность применения в любом возрасте и физиологическом состоянии, при этом метод может быть использован на большом количестве животных;
- бесконтактность, снимает все возможные санитарно-эпидемические требования и ограничения;
- ранняя диагностика скрытых и доклинических форм заболеваний;
- простота использования;
- скрининговые термографические исследования позволяют обнаружить скрытые поражения и во время их устранить, что предотвращает серьезные, иногда необратимые заболевания, ведущие к преждевременной выбраковке животных.

Заключение

На основании проведенных исследований установлено, что во время доения температура вымени с заболеванием маститом выше на 5,7 °С, а температура сосков после доения выше на 1,4 °С, чем у здоровых коров. Поэтому данный способ для определения мастита можно применять как диагностический инструмент.

Таким образом, возможность неинвазивно определить величину воспалительного процесса делает термографию и сам метод инфракрасной термодиагностики идеальным диагностическим инструментом, помогающим в своевременной диагностике для определения мастита.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Poikalainen, V. Infrared temperature patterns of cow's body as an indicator for health control at precision cattle farming / V. Poikalainen, J. Praks, I. Veermae, and E. Kokkin // *Agronomy Research*. – V. 10. – 2012. – P. 187-194.
2. Nikkhah, A. Infrared thermography and visual examination of hooves of dairy cows in two stages of lactation / A. Nikkhah, J.C. Plaizier, M.S. Einarson, R.J. Berry, S.L Scott and A.D. Kennedy // *Journal of Dairy Science*. – V. 88. – 2005. – P. 2749-2753.
3. Montanholi, Y.R. Assessing feed efficiency in beef steers through feeding behavior, infrared thermography and glucocorticoids / Y.R. Montanholi, K.C. Swanson, R. Palme, F.S. Schenke, B.W. McBride, D. Lu, and S.P. Miller // *Animal*. – V. 4. – 2010. – P. 692-701.
4. Alejandro, M. Infrared thermography as a tool to determine teat tissue changes caused by machine milking in MurcianoGranadina goats. *Livestock Science* / Alejandro, M. G. Romero, J.M. Sabater and J.R. Diaz. – V. 160. – 2014. – P.178-185.
5. Макаровская, З.В. Технологические основы повышения эффективности работы доильных аппаратов: дис. ...докт. техн. наук: 05.20.01 / З.В. Макаровская. – Оренбург, 2004 – С. 229-231.
6. Sathiyabarathi, M. Thermographic imaging: A potential non-invasive technique for early detection of sub-clinical mastitis in crossbred cows / M. Sathiyabarathi, S., Jeyekumar, A., Manimaran, A., Heartwin, A., Sivaram, D.N. Das, and K.P. Ramesh // 44th Dairy Industry Conference, NDRI, Karnal, 2016. – P. 37-38.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 28.09.2018

УДК 631.33.024.2

ЛЕНТОЧНЫЙ ПОСЕВ МЕЛКОСЕМЯННЫХ КУЛЬТУР ОБОСНОВАНИЕМ ПАРАМЕТРОВ КОМБИНИРОВАННОГО СОШНИКА

Д.А. Яновский,

аспирант агромеханического факультета БГАТУ

Н.П. Гурнович,

доцент каф. сельскохозяйственных машин БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

Г.Н. Портянко,

доцент каф. сельскохозяйственных машин БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

С.Ф. Лойко,

зав. лабораторией механизации уборки и послеуборочной обработки продукции растениеводства РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

В статье рассмотрены вопросы необходимости создания рабочего органа для посева мелкосемянных культур ленточным способом с соблюдением агротехнических требований.

Ключевые слова: ленточный посев, мелкосемянная культура, комбинированный сошник, бороздкоформирующий каток, семенное ложе.

The article deals with the issues related to the creation of a working body for settlements of small-seed crops with a ribbon method in compliance with the specified agrotechnical requirements.

Keywords: belt sowing, fine seed culture, combined opener, furrow-forming skating rink, seed bed.

Введение

При возделывании мелкосемянных культур одной из наиболее значимых технологических операций является посев. Для качественного проведения данной операции необходимо создание сошниковой системы, осуществляющей качественное копирование рельефа, формирование бороздки, распределение семян по дну бороздки и последующую их заделку с учетом выполнения агротехнических требований (АТТ).

Вместе с тем, конструкция должна иметь низкую удельную металлоемкость и надежность при выполнении технологического процесса.

Целью работы является создание сошника, осуществляющего качественный посев мелкосемянных культур ленточным способом с соблюдением заданных АТТ.

Основная часть

На основании анализа имеющихся способов посева и конструкций рабочих органов для их осуществления, возникла необходимость в рабочем органе, осуществляющем процесс посева в 4 этапа:

- 1) уплотнение взрыхленного слоя почвы с формированием бороздки;
- 2) укладка семян на дно сформированной бороздки;
- 3) вдавливание семян в подуплотненное семенное ложе;
- 4) заделка посевной бороздки взрыхленным слоем почвы.

В настоящее время рабочим органом, осуществляющим процесс посева в указанные выше четыре этапа, является сошниковая группа почвообрабатывающе-посевного агрегата АПЛ-4, которая имеет следующие недостатки:

– при использовании в качестве механизма образования бороздки (бороздообразователя) клиновидного катка, который при наезде на препятствие вызывает колебание всего бороздообразователя, способствует отклонению глубины образования семенного ложа по всему его профилю (рис. 1).

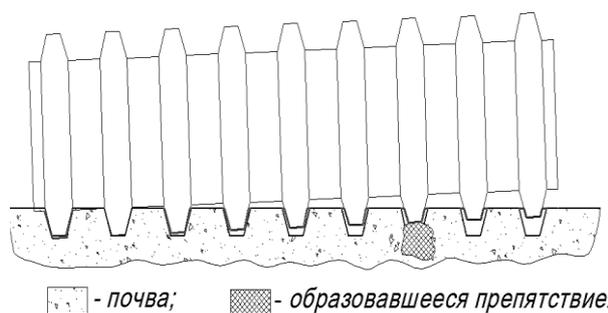


Рис. 1. Схема взаимодействия катка с твердым предметом

В Беларуси 1,2 млн га пахотных земель засорено камнями, завалуненные пашни составляют 30-50% [1]. Таким образом, использование агрегата АПЛ-4 на 30-50 % пахотных земель Беларуси приводит к ухудшению процесса заделки семян;

– отсутствие механизма копирования поверхности поля бороздкоформирующим катком. Глубина заделки семян в сеялке АПЛ-4 регулируется винтовым механизмом 1 (рис. 2), посредством вращения которого бороздкоформирующий каток 2 перемещается в вертикальной плоскости относительно опорно-прикатывающих колес.

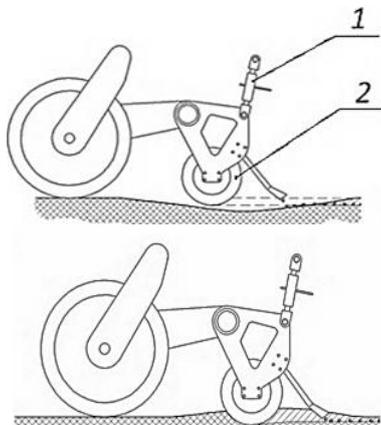


Рис. 2. Работа бороздкоформирующего катка на неравномерной поверхности: 1 – винтовой механизм регулировки; 2 – бороздкоформирующий каток

Каток в данном случае находится относительно сеялки в неподвижном положении и при движении по поверхности поля, имеющем неровную горизонтальную поверхность, происходит выглубление катка и вынос семян на поверхность или превышение глубины заделки семян, что приведет к неравномерности их всходов (рис. 2).

На основании анализа патентных источников и литературы, а также конструкций используемых сошников для посева мелкосемянных культур (льна долгунца и рапса ярового) предлагается конструкция комбинированного сошника, изображенная на рисунке 3.

Данный сошник (рис. 3) является комбинацией сошниковой группы, используемой в почвообрабатывающе-посевном агрегате АПЛ-4 и сошника HeadsUp сеялки Sunflower (США) [2]. В отличие от аналога, формирование посевной бороздки проводится индивидуальным сошником.

В предлагаемом комбинированном сошнике для ленточного посева используется параллелограммный механизм, благодаря которому обеспечивается копирование поверхности поля и осуществляется регулировка оптимального давления для формирования бороздки. Бороздкоформирующий каток при движении образует бороздку трапециевидальной формы с шириной меньшего основания ≈ 6 см, глубина регулируется настройкой параллелограммного механизма 2. В зависимости от требуемой глубины заделки, болт 10 предварительно устанавливается в необходимый сектор 11, изменяя тем самым натяжение пружины 12 и давление катка на почву. Из патрубка для подачи семян 9 семена поступают в распределитель прямоугольного профиля 4. Прикатывающее колесо 5 вдавливает семена для создания плотного контакта с

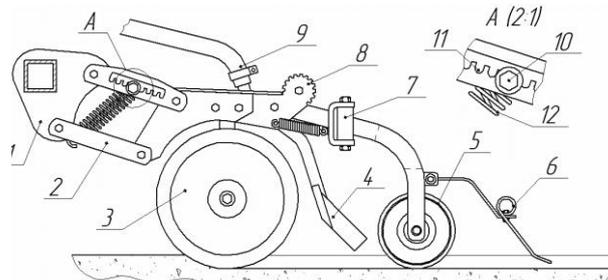


Рис. 3. Комбинированный сошник для посева мелкосемянных культур: 1 – крепление; 2 – параллелограммный механизм; 3 – бороздкоформирующий каток; 4 – высевая система для семян; 5 – прикатывающее колесо; 6 – загорточ; 7 – шарнир; 8 – храповой механизм; 9 – патрубок подачи семян; 10 – регулировочный болт; 11 – сектора; 12 – натяжная пружина

подуплотненным слоем, образованным клиновидным катком. Заделывающий рабочий орган в виде загорточа 6 укрывает семена взрыхленным мелкокомковатым слоем почвы из междурядий.

Рассмотрим процесс работы предлагаемого сошника.

При движении катка, на него действует вертикальная нагрузка G и реакция почвы R (рис. 4).

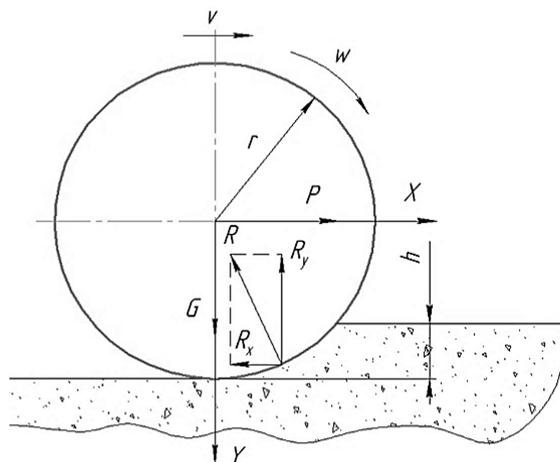


Рис. 4. Схема взаимодействия катка с почвой

В.П. Горячкин [3] установил, что между реакцией почвы на каток и деформацией существует прямая пропорциональная зависимость. В соответствии с этим получено следующее выражение для определения глубины колеи:

$$h = 0,65 \cdot \left(\frac{G^2}{q^2 \cdot b^2 \cdot D} \right)^{1/3}, \quad (1)$$

где G – вертикальная нагрузка на каток, Н;
 q – коэффициент объемного смятия почвы, Н/см³;
 b – ширина катка, см;
 D – диаметр катка, см.

Из формулы (1) определим необходимое усилие G , при котором осуществляется формирование бороздки заданной глубины

$$G = \sqrt{q^2 \cdot b^2 \cdot D \cdot \left(\frac{h}{0,65}\right)^3}$$

У агрегата АПЛ-4 каток имеет следующие параметры: $b = 6$ см, $D = 55$ см. Глубина колеи соответствует глубине заделки мелкосеменных культур $h = 1 \dots 4$ см.

Коэффициент объемного смятия почвы:

$$q = \frac{F}{V},$$

где F – сила сопротивления почвы смятию, Н;
 V – объем вытесненной почвы, см³.

Для определения объема вытесненной почвы воспользуемся формулой (2) для определения площади S сегмента ABC (часть круга, ограниченная дугой и секущей CD) (рис. 5).

$$S = \frac{\left(\frac{\pi \cdot r^2}{360^\circ} \cdot \alpha\right) - \left(\frac{1}{2} \cdot r^2 \cdot \sin \alpha\right)}{2}, \quad (2)$$

где α – угол сегмента, изменяющийся в зависимости от погружения катка на глубину h .

Для глубины $h = 4$ см угол $\alpha = 62^\circ$.

*Формула делится на 2, так как в процессе движения катка, смятие осуществляет лишь половина сегмента ABD, направленная в сторону движения.

$$S = \frac{\left(\frac{3,14 \cdot 27,5^2}{360^\circ} \cdot 62^\circ\right) - \left(\frac{1}{2} \cdot 27,5^2 \cdot \sin 62^\circ\right)}{2} =$$

$$= 38,7 \text{ см}^2.$$

Объем вытесненной почвы в таком случае будет

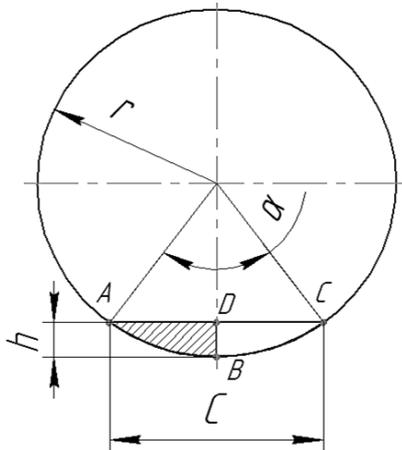


Рис. 5. Схема для определения площади сегмента, действующего на почву

равен:

$$V = S \cdot b,$$

$$V = 38,7 \cdot 6 = 232,2 \text{ см}^3.$$

Для среднего суглинка сила сопротивления почвы смятию $F = 30 \dots 40$ Н [4].

$$q = \frac{40}{232,2} = 0,172 \text{ Н/см}^3,$$

$$G = \sqrt{0,172^2 \cdot 6^2 \cdot 55 \cdot \left(\frac{4}{0,65}\right)^3} = 116,8 \text{ Н}.$$

В табл. 1 представлены результаты определения необходимого усилия в зависимости от глубины заделки.

Таблица 1. Необходимое усилие в зависимости от глубины заделки

Глубина заделки h , см	Нагрузка на каток G , Н
1	115,1
2	115,8
3	116,5
4	116,8

Заключение

Для посева мелкосемянных культур предложен комбинированный сошник, осуществляющий посев в 4 этапа. Предложенная конструкция комбинированного сошника исключает недостатки сошниковой группы АПЛ-4 и обеспечивает копирование поверхности поля и равномерную глубину их заделки.

Оптимальная нагрузка на бороздкоформирующий каток, исходя из агротехнических требований для посева мелкосемянных культур на глубину 1...4 см, составляет 115,1...116,8 Н.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Перспективные технологии и средства механизации для уборки камней / В.В. Азаренко [и др.] // Сельскохозяйственная научно-техническая и рыночная информация. – 2011. – № 9. – С. 38-42.
2. Seed drill with scraper/soil firming attachment: пат США 5626196 / J. S. Hugles; опубл. 06.05.97.
3. Горячкин, В.П. Собрание сочинений: в 3 т. / В.П. Горячкин. – М.: Колос, 1965. – Т. 1 – С. 240.
4. Кленин, Н.И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины: Элементы теории рабочих процессов, расчет регулировочных параметров и режимов работы / Н.И. Кленин, В.А. Сакун. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1980. – 671 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 08.06.2018

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ РАЗМЫВА ОСАДКА В НАВОЗОХРАНИЛИЩЕ

И.М. Швед,

ст. преподаватель каф. технологий и механизации животноводства БГАУ

Наиболее острой проблемой в животноводстве является повышение заболеваемости животных и охрана окружающей среды от загрязнения воздушными выбросами и навозными стоками. Утилизация и переработка жидкого навоза – одна из основных проблем, с которой сталкиваются на животноводческих фермах и комплексах при использовании гидравлического способа уборки навоза, который за время его хранения расслаивается, что приводит к необходимости перемешивания и дальнейшей транспортировке к местам переработки. При расслаивании навозной массы образуется донный осадок, который при хранении может достигать до одного метра. В осадке содержится наибольшее количество органических веществ, необходимых для роста и развития растений. Поэтому хранящуюся навозную массу перед ее дальнейшим использованием необходимо перемешивать. Наиболее энергоемкой операцией в процессе перемешивания хранящейся навозной массы является размыв донного осадка, на который требуется затратить большой период времени. В статье рассматривается анализ перемешивающих устройств, а также вопрос по определению времени размыва осадка навозной массы в навозохранилище.

Ключевые слова: механический способ, процесс перемешивания, миксер, мешалка, осадок, время размыва, навозохранилище, длина струи.

The most acute problem in animal husbandry is an increase in the incidence of animals and the protection of the environment from pollution by airborne emissions and manure. Disposal and processing of liquid manure is one of the main problems encountered on livestock farms and complexes when using the hydraulic method of manure removal, which is stratified during its storage, which leads to the need for mixing and further transportation to the sites of processing. When exfoliating the dung mass, a bottom sediment is formed, which during storage can reach up to one meter. The sediment contains the largest amount of organic matter needed for plant growth and development. Therefore, the stored dung mass before its further use must be mixed. The most energy-intensive operation in the process of mixing the stored manure is the erosion of the bottom sediment, which requires a long period of time. The article discusses the analysis of mixing devices, as well as the question of determining the time of erosion of the sediment of manure mass in the manure.

Keywords: mechanical method, mixing process, mixer, agitator, sediment, washout time, manure storage, jet length.

Введение

В Республике Беларусь действует более 200 животноводческих комплексов по производству молока, говядины и свинины. Общий годовой выход экскрементов при работе комплексов равен 51,6 млн тонн, из которых 25,3 млн тонн составляет жидкий навоз [1].

Большинство действующих животноводческих комплексов страны введено в эксплуатацию 25-30 лет назад. Их системы очистки отходов давно устарели и не соответствуют современным экологическим нормам. По приблизительной оценке, почти 30 % всех отечественных птицефабрик не имеют системы очистки пометных стоков. Анаэробная переработка навозных стоков и помета в навозохранилищах позволяет очищать их без привлечения внешних источников энергии [2].

Главной причиной ограниченного применения цехов по переработке жидкого навоза в Республике Беларусь являются большие энергозатраты на технологические нужды оборудования. Основные энергозатраты возникают в емкости, где хранится навозная масса, так как перед подачей в цеха по переработке ее необходимо перемешать до однородного состояния.

Оборудование, применяемое в технологических линиях по переработке навоза, является наиболее энергоемким. В состав оборудования таких линий входят установки для перемешивания, перекачки и разделения жидкого навоза на фракции.

Широкое использование жидких органических удобрений привело к созданию перемешивающей аппаратуры самых различных конструкций.

Выбор того или иного способа перемешивания жидкого навоза зависит от его влажности, содержания в нем поверхностно-активных веществ, требований к качеству конечного продукта.

Известны следующие способы перемешивания: электрический, химический, ультразвуковой, пневматический, гидравлический и механический, который осуществляет перемешивание при помощи различного вида мешалок.

Однако такие способы, как электрический и химический, применяются чрезвычайно редко, и главным образом, в лабораторных опытах для получения дисперсных систем в небольших количествах, так как требуют больших затрат энергии [3].

Гидравлический способ не нашел широкого применения при перемешивании жидкого навоза, так как механизм перемешивания жидкостей в струйных аппаратах чрезвычайно сложен. Эффективность гидравлического способа недостаточна для размыва осадка навозной массы. Это объясняется тем, что струи неподвижны и их длина мала, вследствие чего размываются только небольшие участки, границы которых не перекрывают друг друга [4]. Со временем подвижные части сопел засоряются, снижая эффективность размыва.

Механический способ наиболее эффективен для размыва осадка навозной массы. Он заключается в том, что весь объем жидкого навоза внутри навозохранилища приводится в интенсивное движение с помощью различного вида мешалок, которые формируют направленные потоки навозной массы, меняющие свое направление [4]. Под его действием происходит размыв накопившегося осадка и его перемешивание во всем объеме навозохранилища.

В цилиндрических навозохранилищах наиболее эффективной является винтовая мешалка. В зависимости от ее конструкции получают короткую расширяющуюся струю с большой опорной площадью и малой скоростью, или длинную узконаправленную струю малого поперечного сечения с большой скоростью потока жидкого навоза. Эффективность разрушения осадка зависит от скорости потока навозной массы, длины и зоны досягаемости струи жидкого навоза.

В процессе эксплуатации гидравлических систем уборки и утилизации навоза выяснилось, что наиболее энергоемкой операцией при проведении процесса перемешивания навозной массы является размыв донного осадка, на который требуется большой период времени.

Цель настоящей работы – определение времени размыва осадка, позволяющее подобрать рациональный гидродинамический режим перемешивания более плотных слоев жидкого навоза.

Основная часть

Известно, что осадок навозной массы, накопившийся при хранении, в своем составе содержит значимые питательные элементы, необходимые для роста и жизнедеятельности растений. Для его равномерного распределения в жидкой массе, перед внесением в почву, осадок необходимо размывать и перемешивать во всем объеме хранящегося жидкого навоза.

Процесс размыва осадка жидкого навоза происходит следующим образом: мешалка миксера для навоза создает затопленную струю навозной массы, циклически перемещающуюся и направленную для внедрения в осадок, и по мере перемещения, размывает его. При этом частицы навозной массы, поднятые струей из осадка, взвешиваются в общем объеме жидкого навоза и за счет мощных вихреобразований, так как в навозохранилище нет обратного движения навозной массы, препятствующего разрушению слежавшегося осадка, проникают в толщу илистых отложений, распределяясь в них.

Важным условием при проведении размыва осадка является то, что миксер необходимо размещать на удалении от осадка, так как движение мешалки в плотной среде будет приводить к увеличению стартовой нагрузки на рабочий орган и повышению потребной мощности на его привод. Поэтому размыв осадка происходит концевым сечением струи на некотором удалении от мешалки за счет скорости движения потока жидкого навоза, создаваемого ею. В этом случае взаимодействие струи с частицами илистых отложений осадка осуществляется наиболее активным участком струи потока жидкого навоза, согласно теории турбулентных струй [5], она расширяется с увеличением расхода струи потока жидкого навоза $Q_{\text{разм}}$ по длине. Взаимодействие с осадком происходит расширенным сечением струи.

При взаимодействии с осадком струя формирует воронку размыва. Формирование воронки размыва прекратится при соблюдении условия, когда скорость движения потока жидкого навоза по периметру воронки уменьшится до значения, меньше размываемой.

Таким образом, время размыва осадка зависит от его объема и расхода струи потока жидкого навоза. Этот параметр можно определить по формуле:

$$t_{\text{разм}} = \frac{V_{\text{ос}}}{Q_{\text{разм}}}, \quad (1)$$

где $V_{\text{ос}}$ – объем осадка в навозохранилище, м^3 ;
 $Q_{\text{разм}}$ – расход струи потока жидкого навоза, $\text{м}^3/\text{с}$.
Объем осадка в цилиндрическом навозохранилище определим из математической формулы:

$$V_{\text{ос}} = \pi R_{\text{хр}}^2 h_{\text{ос}}, \quad (2)$$

где $R_{\text{хр}}$ – радиус навозохранилища, м;
 $h_{\text{ос}}$ – высота осадка, м.

Расход струи потока жидкого навоза можно определить из выражения:

$$Q_{\text{разм}} = u_{\text{н}} S_{\text{к.сеч}}, \quad (3)$$

где $u_{\text{н}}$ – скорость движения жидкого навоза, $\text{м}/\text{с}$;
 $S_{\text{к.сеч}}$ – площадь концевое сечения струи, м^2 .

Так как навоз к лопасти мешалки поступает со всех сторон, т.е. по полусфере с площадью $2\pi r_{\text{м}}^2$, то скорость движения жидкого навоза на расстоянии $l_{\text{н}}$ от мешалки определится по формуле [6, 7]:

$$u_{\text{н}} = \frac{Q_{\text{с}}}{2\pi l_{\text{н}}^2}, \quad (4)$$

где $Q_{\text{с}}$ – производительность миксера, $\text{м}^3/\text{с}$;
 $l_{\text{н}}$ – расстояние от мешалки, м.

Для определения расстояния $l_{\text{н}}$ рассмотрим схему, представленную на рисунке 1.

Согласно схеме, расстояние $l_{\text{н}}$ можно определить из выражения:

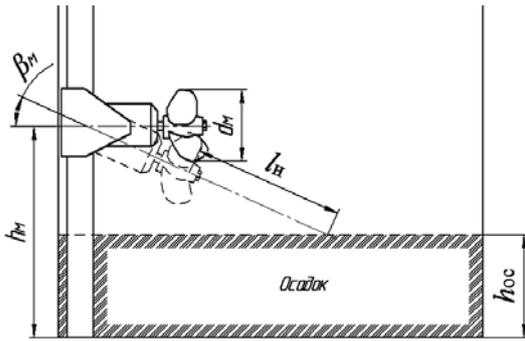


Рис. 1. Расчетная схема для определения расстояния до мешалки

$$l_n = \frac{h_m - r_m - h_{oc}}{\sin \beta_m}, \quad (5)$$

где h_m – высота поднятия миксера, относительно дна хранилища, м;

r_m – радиус мешалки, м;

β_m – угол наклона мешалки относительно горизонтальной плоскости, град.

Для определения площади концевой сечения струи, рассмотрим процесс ее образования. При работе миксера в среде жидкого навоза, за мешалкой, при ее вращении, возникает область пониженного давления, способствующая подаче навозной массы на лопасти. Лопасти, захватывая навозную массу, перемещают ее в продольном направлении, создавая перед мешалкой область повышенного давления. Одновременно с этим навозная масса участвует и во вращательном движении.

Так, при подаче навозной массы на лопасти мешалки, на некотором расстоянии от нее, образуются ядро струи (рис. 2) жидкого навоза с постоянными осредненными скоростями. С увеличением поперечного размера пограничного слоя толщина ядра уменьшается. Затем ядро с равномерным распределением

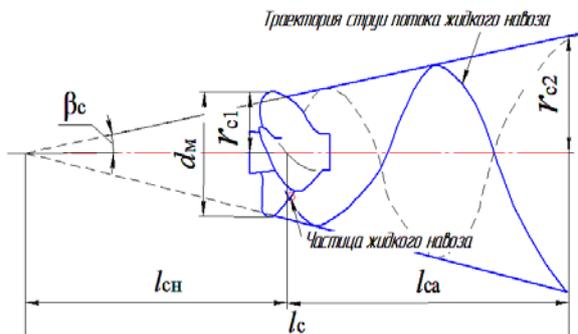


Рис. 2. Схема движения струи жидкого навоза: $l_{сн}$ – длина начального участка струи; $l_{сa}$ – длина активного участка струи; l_c – длина струи; r_{c1} – радиус начала активного участка струи; r_{c2} – радиус конца активного участка струи; d_m – диаметр мешалки; β_c – угол расширения струи

нием скоростей исчезает. Расстояние начала образования струи до момента схода с лопастей характеризуется длиной начального участка струи $l_{сн}$. При сходе навозной массы с лопастей мешалки, образовавшаяся струя жидкого навоза перемещается в хранящуюся навозную массу.

Из рисунка 2 площадь концевой сечения струи определится по формуле:

$$S_{к.сеч} = \pi r_{c2}^2, \quad (6)$$

где r_{c2} – радиус конца активного участка струи, м.

Радиус конца активного участка струи можно определить из выражения:

$$r_{c2} = l_c \operatorname{tg} \beta_c, \quad (7)$$

где l_c – длина струи, м;

β_c – угол расширения струи, град.

Миксер для навоза работает в жидкой среде, а так как ее влажность составляет от 90 % до 98 % (навозные стоки), то формулу для определения длины струи жидкости можно применить и в нашем случае. Длину струи l_c , до момента, когда осевая скорость потока жидкого навоза стремится к нулю, можно определить из формулы [8]:

$$l_c = \frac{0,96}{a_c} r_{c1}, \quad (8)$$

где r_{c1} – радиус начала активного участка струи, м;

a_c – коэффициент, характеризующий влияние турбулентности струи.

Радиус начала активного участка струи жидкого навоза можно выразить из формулы определения площади вершины струи. При этом необходимо учесть сужение струи жидкого навоза под действием лопастей мешалки. Тогда площадь струи F_c жидкого навоза определится по формуле [9]:

$$F_c = 0,8 \pi r_o^2, \quad (9)$$

где 0,8 – коэффициент, который учитывает сужение струи под действием лопастей мешалки;

r_o – радиус окружности, описываемой крайней точкой лопасти, м.

Учитывая, что окружность, описываемая крайней точкой лопасти, равна диаметру мешалки, то радиус начала активного участка струи r_{c1} можно выразить из равенства:

$$\pi r_{c1}^2 = 0,8 \pi r_m^2. \quad (10)$$

Тогда радиус начала активного участка струи жидкого навоза определится по формуле:

$$r_{c1} = 0,89 r_m. \quad (11)$$

Преобразуем формулу (8), подставив в нее выражение (11). Тогда длина струи определится из уравнения:

$$l_c = \frac{0,85}{a_c} r_m. \quad (12)$$

Определим радиус конца активного участка струи, подставив в формулу (7) уравнение (12):

$$r_{c2} = \frac{0,85}{a_c} r_m \operatorname{tg} \beta_c. \quad (13)$$

Определив радиус конца активного участка струи, преобразуем формулу (6), подставив в нее уравнение (13). Тогда площадь концевое сечения струи определится по формуле:

$$S_{\text{к.сеч}} = \frac{0,72}{a_c^2} \pi r_m^2 \operatorname{tg}^2 \beta_c. \quad (14)$$

Подставив выражения (4) и (14) в формулу (3), определим расход струи потока жидкого навоза:

$$Q_{\text{разм}} = \frac{0,36}{a_c^2 l_n^2} r_m^2 Q_c \operatorname{tg}^2 \beta_c. \quad (15)$$

Подставив выражения (2) и (15) в начальную формулу (1), преобразуем ее. Тогда время размыва осадка определится из следующего уравнения:

$$t_{\text{разм}} = \frac{\pi a_c^2 h_{\text{ос}} R_{\text{xp}}^2 l_n^2}{0,36 Q_c r_m^2 \operatorname{tg}^2 \beta_c}. \quad (16)$$

Подставим в уравнение (16) формулу (5) для определения расстояния l_n . Тогда с учетом преобразования определим время размыва осадка жидкого навоза:

$$t_{\text{разм}} = \frac{\pi a_c^2 h_{\text{ос}} R_{\text{xp}}^2 (h_m - r_m - h_{\text{ос}})^2}{0,36 Q_c r_m^2 \operatorname{tg}^2 \beta_c \sin^2 \beta_m}. \quad (17)$$

Из уравнения (17) следует, что время размыва осадка прямопропорционально зависит от геометрических размеров навозохранилища и высоты осадка. Рассмотрим зависимость (рис. 3) времени размыва осадка от размеров навозохранилища и геометрического размера мешалки миксера.

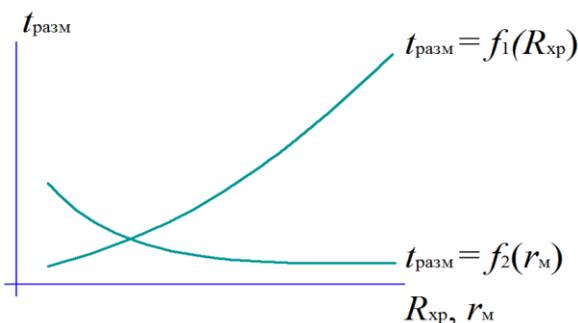


Рис. 3. Графики зависимостей времени размыва осадка от радиуса навозохранилища R_{xp} и радиуса мешалки r_m

Анализ рисунка 3 показал, что с увеличением размера навозохранилища увеличивается и время размыва осадка навоза, а при увеличении размера мешалки миксера, время размыва осадка уменьшается.

Заключение

В результате анализа способов перемешивания установлено, что наилучшим является механический способ перемешивания жидкого навоза, так как механизм перемешивания жидкостей гидравлическим способом чрезвычайно сложен, а их струя неподвижна и ее длина мала, вследствие чего размываются только небольшие участки.

При механическом способе перемешивания весь объем жидкого навоза, находящийся на хранении, приводится в интенсивное движение с помощью мешалок, которые формируют направленные потоки навозной массы, необходимые для размыва накопившегося осадка и его дальнейшего перемешивания во всем объеме навозохранилища.

Получено уравнение, позволяющее определить время размыва осадка с учетом высоты осадка, параметров миксера и размера навозохранилища.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. сб. – Минск: Нац. стат. комитет Респ. Беларусь, 2016. – 230 с.
2. Хужакулов, А.Ф. Биогазовые энергетические установки для фермерских хозяйств. Анализ процессов, влияющих на эффективность их использования / А.Ф. Хужакулов [и др.] // Молодой ученый. – 2013. – №2. – С. 70-72.
3. Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: учеб. для вузов: в 2-х кн. / Ю.И. Дытнерский. – 3-е изд. – М.: Химия, 2002. – Ч. 1. – 400 с.: ил.
4. Оборудование резервуаров: учеб. пос. / Н.И. Коновалов [и др.]. – Уфа: ООО «ДизайнПолиграфСервис», 2004. – 212 с.: ил.
5. Абрамович, Г.Н. Теория турбулентных струй / Г.Н. Абрамович. – М.: Наука, 1984. – 750 с.
6. Иванов, О.П. Аэродинамика и вентиляторы: учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности: «Холодильные и компрессорные машины и установки» / О.П. Иванов, В.О. Мамченко. – Л.: Машиностроение, 1986. – 280 с.
7. Емин, О.Н. Выбор параметров и газодинамический расчет осевых компрессоров и турбин авиационных ГТД: учеб. пос. / О.Н. Емин, В.Н. Карасев, Ю.А. Ржавин. – М.: Дипак, 2003. – 156 с.
8. Повх, И.Л. Техническая гидромеханика / И.Л. Повх. – Л.: Машиностроение, 1976. – 504 с.
9. Емцев, Б.Т. Техническая гидромеханика / Б.Т. Емцев. – М.: Машиностроение, 1987. – 440 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 23.10.2018

УДК 633.43

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА ВНЕДРЕНИЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА СОЛОДА НА ПИВОВАРЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ

И.И. Гургенидзе,

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

О.В. Бондарчук,

ст. преподаватель каф. электротехнологий БГАТУ

В.А. Пашинский,

зав. каф. энергоэффективных технологий МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ, канд. техн. наук, доцент

В статье приведены результаты технико-экономических расчетов внедрения установки для интенсификации процесса производства солода на пивоваренном предприятии. Экономическая эффективность предложенной технологии аргументируется системой динамических показателей целесообразности использования электротехнологии в рыночной экономике. При этом динамический срок окупаемости капиталовложений составляет менее полугода.

Ключевые слова: интенсификация, солод, динамический срок окупаемости капиталовложений.

The article presents the results of the technical and economic calculations of the introduction of the installation for the intensification of the malt production process at a brewery. The economic efficiency of the proposed technology is supported by a system of dynamic indicators of the feasibility of using electrical technology in a market economy. At the same time, the dynamic payback period is less than six months.

Keywords: intensification, malt, dynamic payback period of investments.

Введение

Главные цели внедрения установки для интенсификации процесса производства солода – это увеличение объемов производства пива, улучшение его качества и, как следствие, рост основных экономических показателей, таких, как прибыль, и в конечном счете, рентабельность.

Выбор того или иного решения для интенсификации процесса производства солода должен базироваться на разумной оценке возможностей и задач, стоящих перед пивоваренным предприятием. Задачи эти примерно одинаковы: сократить трудовые и финансовые затраты, улучшить качество продукции, увеличить объемы ее производства. Под возможностями стоит понимать не только имеющиеся в распоряжении денежные средства и кредиты, но и сложившуюся на предприятии технологию, культуру производства, количество трудовых ресурсов.

Цель настоящей работы – оценка экономической эффективности внедрения электротехнологической установки в технологический процесс производства пива.

Основная часть

Предлагается способ интенсификации процесса производства солода, вследствие чего увеличивается выход товарного пива и сокращаются сроки получения солода [1]. Установка для интенсификации

процесса производства солода включается в технологический процесс на этапе подготовки пивоваренного ячменя перед солодоращением [2].

Для интенсификации применяем установку обработки пивоваренного ячменя неоднородным электрическим полем со следующими техническими параметрами:

- производительность – 1,1-1,76 т/ч;
- потребляемая мощность – 1,5-1,7 кВт;
- допустимая влажность материала – 14 %;
- численность обслуживающего персонала – 1.

Капиталовложения по сравниваемым вариантам определяются по формуле:

$$K = \alpha_{i1} \cdot K_{об} + \alpha_{i2} \cdot K_c, \quad (1)$$

где $K_{об}$ – балансовая стоимость технических средств в ценах i -го года, руб.;

K_c – стоимость строительных работ, связанных с реконструкцией помещений, в ценах i -го года, руб.;

α_{i1}, α_{i2} – коэффициенты, учитывающие рост цен на оборудование и строительно-монтажные работы в период инфляции.

Балансовую стоимость технических средств можно рассчитать по формуле:

$$K_{об} = C_{об} \cdot (\alpha_{mp} + \alpha_m), \quad (2)$$

где $C_{об}$ – оптовая цена оборудования, аппаратуры, руб.;

α_{mp} – коэффициент, учитывающий транспортные и заготовительно-складские расходы;

α_m – коэффициент, учитывающий затраты на монтаж.

Так как реконструкция помещения не производится, то второе слагаемое формулы (1) равняется нулю. Капиталовложения базового варианта отсутствуют, так как внедрение установки для интенсификации процесса производства солода происходит на базе предприятия без реконструкции.

Финансирование инвестиционных затрат планируется осуществить за счет собственных средств. Принимаем условие, при котором издержки не изменяются в течение периода функционирования проекта. На основе реальных инвестиций и ожидаемых результатов выхода дополнительной продукции произведем расчет экономической эффективности предложенной технологии.

Величина эксплуатационных затрат представляет собой сумму расходов, связанных с использованием автоматизированных машин, и определяется по формуле:

$$I_3 = 3П + O_c + A + P + ЭЭ + ВП + П_p, \quad (3)$$

где $3П$ – расходы на оплату труда обслуживающего персонала, руб./год;

O_c – отчисления на социальные нужды, руб./год;

A – амортизационные отчисления руб./год;

P – затраты на техническое обслуживание, текущий и капитальный ремонт, руб./год;

$ЭЭ$ – стоимость годового потребления электроэнергии установкой, руб./год;

$ВП$ – стоимость годового дополнительного водопотребления, руб./год;

$П_p$ – прочие расходы, которые составляют 3-7 % от перечисленных затрат, руб./год.

Применение в технологическом процессе установки для интенсификации процесса производства солода, а также использование повышающего трансформатора требует обслуживания в связи с проведением ТО и ТР. Все это вызывает рост оплаты труда вспомогательному персоналу. Как известно, эксплуатация схожих по технологии и назначению приборов и оборудования требует в разрезе года суммарных условных единиц, равных сумме условных единиц установки, трансформатора, щита управления и кабеля [3].

Суммарные затраты труда электромехаников определим путем суммирования затрат труда на проведение ТО и ТР всех элементов подвода напряжения к элементам электрической сети. При этом расчет величины затрат труда вспомогательного персонала произведен на основе существующих на практике нормативов затрат труда [3].

Известно, что условные единицы эквивалентны затратам 18,6 часов труда электромехаников. Заработная плата определена с учетом:

$$T_3 = 1,15 \cdot v_3 \cdot 18,6, \quad (4)$$

где 1,15 – коэффициент, учитывающий рассредоточенность электрооборудования по территории предприятия, отн.ед.;

v_3 – количество условных электротехнических единиц состоит из условных единиц двух электроприводов с автоматическим управлением, трансформатора, кабельной линии, щита управления, отн.ед/уст;

18,6 – нормативная трудоемкость условной электротехнической единицы, чел-ч.

Заработная плата рассчитана на основе динамических показателей экономической эффективности инвестиций с применением всех принятых критериев оценки.

Годовой фонд заработной платы в проектируемом варианте включает в себя расходы на оплату труда обслуживающего персонала:

$$3П = \sum_j C_{mj} \cdot T_j \cdot k_\delta, \quad (5)$$

где C_{mj} – часовая тарифная ставка оплаты труда обслуживающего персонала по j -му разряду, руб./ч;

T_j – годовые затраты труда рабочих j -й квалификации, ч;

k_δ – коэффициент, учитывающий дополнительную оплату труда (принимается равным 1,5-2).

Часовая тарифная ставка определяется по формуле:

$$C_m = \frac{k_p \cdot k_n \cdot k_m \cdot C_1}{T_{мес}}, \quad (6)$$

где C_1 – тарифная ставка рабочих первого разряда за месяц, руб.;

k_m – тарифный коэффициент, определяемый по Единой тарифной сетке РБ;

k_p – повышающий коэффициент, зависящий от присвоенного рабочему разряда;

k_n – коэффициент повышения ставок рабочих по видам выполняемых работ, производствам и отраслям экономики;

$T_{мес}$ – среднемесячный фонд рабочего времени, ч.

Отчисления на социальные нужды отражают обязательные отчисления государственным органам социального страхования, пенсионного фонда от всех видов оплаты труда работников и рассчитываются по формуле:

$$O_c = \frac{k_c}{100} \cdot 3П, \quad (7)$$

где k_c – процент отчислений (для сельского хозяйства – 30 %).

Затраты на амортизацию определяют в процентах от балансовой стоимости оборудования в соответствии с действующими нормами амортизационных отчислений:

$$A = \frac{H_a}{100} \cdot K, \quad (8)$$

где H_a – годовая норма амортизационных отчислений: для установки – 16,7%; щита управления – 9,4%; приборов контроля – 14,3%; кабеля – 5% [4];

K – капиталовложения для проектируемого варианта, руб.

Затраты на текущий и капитальный ремонт можно определить по нормативам отчислений от балансовой стоимости оборудования.

$$P = P_{\text{тр}}, \quad (9)$$

где $P_{\text{тр}}$ – затраты на текущий ремонт, руб./год.

$$P_{\text{тр}} = \frac{H_{\text{тр}}}{100} \cdot K, \quad (10)$$

где $H_{\text{тр}}$ – годовая норма отчислений на текущий ремонт, для электротехнического оборудования – 7,5 % [4].

В модернизированном варианте за счет применения установки для интенсификации процесса производства солода расход электроэнергии увеличивается на величину годового потребления электроэнергии данной установкой при объеме производства 500 тыс. дал пива в год, что составляет кВт·ч/год:

$$W_n = \frac{P \cdot k_3}{\eta} \cdot t, \quad (11)$$

где P – мощность установки, кВт;

k_3 – коэффициент загрузки;

η – КПД установки;

t – продолжительность работы установки в год, ч.

Стоимость дополнительного годового потребления электроэнергии в модернизированном варианте:

$$\Delta \mathcal{E}_n = W_n \cdot T_{\mathcal{E}}, \quad (12)$$

где $T_{\mathcal{E}}$ – тариф на электроэнергию, руб/кВт·ч.

Дополнительное годовое потребление воды в модернизированном варианте за счет содержания более высокой массовой доли экстракта в солоде, что дает дополнительный выход пива [2]:

$$V_{\text{в.год}} = \Delta V_{\text{зс}},$$

где $\Delta V_{\text{зс}}$ – дополнительный годовой выход горячего сула [2] при объеме производства пива 500 тыс. дал в год.

Стоимость годового потребления воды в модернизированном варианте:

$$B\Pi_n = V_{\text{в.год}} \cdot T_{\text{в}}, \quad (13)$$

где $T_{\text{в}}$ – тариф на водопотребление, руб./м³.

Годовые затраты на прочие нужды:

$$\Pi_p = (3\Pi + O_c + A + P + \Delta \mathcal{E} + B\Pi) \cdot \frac{H_p \%}{100}, \quad (14)$$

где H_p % – норма расходов, которая составляет 5%.

Прирост прибыли предприятия при внедрении установки для интенсификации процесса производства солода:

$$\Delta \Pi = \Pi_2 - \Pi_1 = (\Delta V \cdot \Pi - I_n) / (1 - H\% / 100), \quad (15)$$

где ΔV – разница годовых объемов производства товарного пива базового и нового вариантов, дм³;

Π – отпускная цена пива предприятием, руб.

К примеру, отпускная цена пива – 12 % экстракта начального сула согласно прейскуранту № 1752 отпускных цен на продукцию ОАО «Криница» без НДС за 1,0 л. составляет 1,45 руб. Ставка налога на

добавленную стоимость составляет 20 % [5]. Розничная цена 1,0 л пива 12%-го экстракта начального сула составляет 2,45 руб;

H % – налоги, которые составляют 34,4 %.

Инвестиционный годовой доход определяется как разность получаемой прибыли и налогов по объекту. В инвестиционный доход включаются амортизационные отчисления по объекту, поскольку они являются источником финансирования капиталовложений. Инвестиционный годовой доход:

$$D_z = \Delta \Pi + A. \quad (16)$$

Расчетный период принимаем, равным нормативному сроку службы оборудования:

$$T = T_{\text{ст}} = \frac{100}{P_a}, \quad (17)$$

где P_a – годовая норма средневзвешенных амортизационных отчислений, которая равняется 15,66 % [4].

Произведем оценку эффективности капиталовложений, используя абсолютные и относительные критерии. Ликвидационную стоимость оборудования в расчетах не учитываем.

Определим коэффициент приведения к началу расчетного периода:

$$\alpha_T = \frac{(1 + E)^T - 1}{E(1 + E)^T}, \quad (18)$$

где E – норма дисконта ($E=0,15$) [4].

Если пренебрегать ликвидационной стоимостью технических средств и принять расчетный период в пределах службы технических средств, то интегральный эффект можно рассчитать по упрощенной формуле:

$$\text{ЧДД} = D_z \cdot \alpha_T - K \quad (19)$$

Срок возврата капитала определяет время, за которое возвращается вложенный капитал и обеспечивается нормативный доход на уровне базовой процентной ставки. Срок возврата капитала за счет постоянной инвестиционной прибыли определяется в следующей последовательности.

Коэффициент возврата капиталовложений:

$$P_B = \frac{D_z}{K} - E \quad (20)$$

Динамический срок возврата капитала:

$$T_B = \frac{\lg(1 + E / P_B)}{\lg(1 + E)} \quad (21)$$

Статический срок возврата капитала:

$$T_{\text{ст}} = \frac{K}{\Delta \Pi} \quad (22)$$

Индекс доходности:

$$\text{ИД} = \frac{\text{ЧДД}}{K} + 1 \quad (23)$$

Результаты произведенных расчетов приведены в таблице 1.

Таблица 1. Технико-экономические показатели проекта

Показатели	Варианты		Изменение ±(2-1)
	1. Базовый	2. Новый	
Объем дополнительно произведенной продукции: – товарное пиво, л/год [2]	-	61717	+61717
Отпускная цена пива с НДС, руб.	-	1,74	
Стоимость дополнительной продукции, тыс. руб.	-	107,4	+107,4
Время работы технических средств, ч/год [2]	-	840	
Энергоресурсы: – расход электроэнергии, квт·ч/год – электроемкость продукции, квт·ч/л	-	1463,7 0,024	
Дополнительный расход воды, м ³ /год	-	70,477	
Капиталовложения, тыс. руб.	-	16,775	+16,775
Текущие издержки, тыс. руб./год	-	5,208	
Прирост чистой прибыли, тыс. руб./год	-	102,18	
Годовой инвестиционный доход, тыс. руб.	-	68,652	
Чистый дисконтированный доход за расчетный период (7 лет), тыс. руб.	-	268,845	
Срок возврата капиталовложений, лет	-		
динамический		0,3	
статический		0,24	
Индекс доходности		17,03	

Заключение

1. Таким образом, модернизация технологического оборудования для интенсификации процесса производства солода является экономически и технологически выгодным предложением, что аргументируется получением ЧДД за расчетный период в размере, превышающем 268 тысяч рублей. При этом динамический срок окупаемости капиталовложений составляет чуть менее полугода, что резко снижает риски в инновационный проект. Следовательно, предложенный проект внедрения установки для интенсификации процесса производства солода можно рекомендовать для практического использования, как инновационный в технологическом плане и выгодный с экономической точки зрения.

2. Экономический эффект от внедрения установки для интенсификации процесса производства солода состоит в увеличении выхода товарного пива. А, следовательно, и повышения такого важного показателя для предприятия, как выручка от реализации продукции на 102,18 тыс. руб. Это сопровождается незначительным повышением водопотребления на 70,477 м³/год и электропотребления на 1463,7 квт·ч/год, стоимость которых значительно ниже, чем стоимость дополнительной продукции. Предлагаемая технология обуславливает некоторое повышение объема энергопотребления по предприятию. Одновременно в рассматриваемой технологии увеличивается объем конечной продукции.

3. При оценке эффективности не учтено, что сокращается время получения солода и это ускоряет технологический цикл предприятия. Аналогичное явление происходит и с показателями: увеличивается энергия прорастания [6], что, в конечном счете, обеспечивает повышение технологического эффекта и отражается на показателях экономического эффекта

и экономической эффективности инвестиций в инновационный проект.

4. В связи с тем, что вложенные инвестиции могут быть подвержены рискам различного рода, авторами произведено исследование вопросов влияния производственных факторов на показатели эффективности капиталовложений. В частности, таких, как ЧДД от срока окупаемости и процентной ставки (рис. 1), срока окупаемости от дополнительного выхода готовой продукции (рис. 2), капиталовложений (рис. 3).

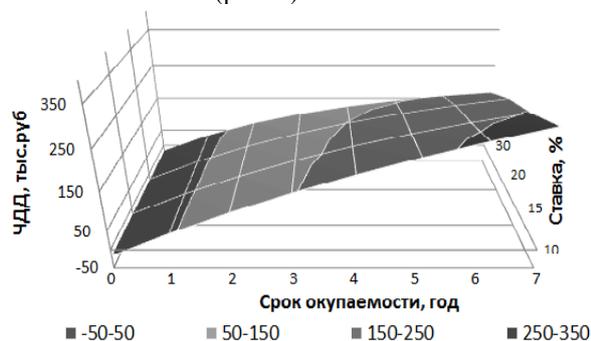


Рис. 1. Зависимость ЧДД от срока окупаемости и процентной ставки



Рис. 2. Зависимость срока окупаемости от дополнительного выхода продукции



Рис. 3. Зависимость срока окупаемости от капиталовложений

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ
ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Пашинский, В.А. Влияние обработки пивоваренного ячменя переменным электрическим полем на экстрактивность солода / В.А. Пашинский, Н.Ф. Бондарь, О.В. Бондарчук // *Агропанорама*. – № 4. – 2013. – С. 28-30.

2. Бондарчук, О.В. Применение установки для

интенсификации процесса производства солода на пивоваренном предприятии / О.В. Бондарчук, И.И. Гургенидзе, В.А. Пашинский // *Агропанорама*. – № 3. – 2018. – С. 14-16.

3. Соусь, О.Л. Методические рекомендации по определению нормативной численности специалистов сельского хозяйства / О.Л. Соусь, А.К. Дрозд, О.И. Дубик. – Мн.: РНИЦ, 2004. – 19 с.

4. Ширшова, В.В. Методические указания к экономическому обоснованию дипломных проектов для студентов специальности: 1-47 06 05 «Энергетическое обеспечение сельского хозяйства» / В.В. Ширшова, И.И. Гургенидзе – Мн.: БГАТУ, 2005. – 115 с.

5. ОАО «Крыница» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.krinitza.by/partners/price-list/>. – Дата доступа – 01.02.2018.

6. Пашинский, В.А. Стимулирование прорастания пивоваренного ячменя / В.А. Пашинский, О.В. Бондарчук // *Агропанорама*. – № 6. – 2008. – С. 26-28.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 03.10.2018

Мобильная установка для очистки отработанных гидравлических и моторных масел

Предназначена для очистки как свежих товарных смазочных материалов, так и ранее использованных масел в ДВС и гидравлических системах, удовлетворяющих техническим требованиям для дальнейшего повторного использования.



Применение установки позволит повысить качество и продлить срок службы моторных и гидравлических масел. Она может использоваться на предприятиях по ремонту и техническому сервису машинно-тракторного парка, а также непосредственно в хозяйствах. Данную установку можно использовать также для профилактической очистки свежих масел, в которых количество загрязнений выше допустимых пределов.

Основные технические данные

Производительность установки, л/мин	20
Рабочий объем бака, л	45
Рабочая температура масла, °С	60–90
Мощность маслонагревателя, кВт	6
Время нагрева масла от 10 до 60°С, мин	12
Потребляемая мощность, кВт	1,5
Тонкость очистки, мкм	5–15
Габаритные размеры установки, мм	1250x650x1000
Масса, кг	110

УДК 621.313

РАБОТА ТРАНСФОРМАТОРА СО СХЕМОЙ СОЕДИНЕНИЯ ОБМОТОК «ЗВЕЗДА-ДВОЙНОЙ ЗИГЗАГ С НУЛЕВЫМ ПРОВОДОМ» ПРИ НЕСИММЕТРИЧНОЙ НАГРУЗКЕ

М.А. Прищепов,

проректор по научной работе – директор НИИМЭСХ БГАТУ, докт. техн. наук, доцент

В.М. Збродыга,

зав. каф. электроснабжения БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

А.И. Зеленкевич,

ст. преподаватель каф. электроснабжения БГАТУ

В статье представлены результаты теоретических исследований работы трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» при несимметричной нагрузке, в том числе принцип компенсации симметричных составляющих нулевой последовательности.

Ключевые слова: трансформатор, несимметрия токов и напряжений, магнитодвижущая сила, магнитный поток.

The article presents the results of theoretical studies of the operation of a transformer with a star-double zig-zag with zero-wire winding connection circuit under asymmetrical loading, including the principle of compensation of symmetrical components of zero sequence.

Keywords: transformer, asymmetry of currents and voltages, magnetomotive force, magnetic flux.

Введение

Несимметрия токов и напряжений отрицательно влияет на работу всех элементов электрической системы, вызывая дополнительные потери мощности, снижая срок службы электрооборудования и экономические показатели его работы. Уменьшение несимметрии можно обеспечить рациональным построением схемы электрической сети и применением специальных корректирующих устройств. В системах электроснабжения сельскохозяйственных потребителей авторы рассматривают возможность использования для этого трансформаторов со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» [1-3].

Основная часть

Рассмотрим работу трансформатора с точки зрения его способности поддерживать симметрию напряжений при несимметричном характере нагрузки. Воспользуемся методом симметричных составляющих, сущность которого состоит в том, что несимметричную систему токов, напряжений и потоков одинаковой частоты можно представить в виде трех симметричных систем: прямой, обратной и нулевой последовательности. При этом сопротивления одних и тех же элементов электрических систем различны для разных последовательностей, и они являются, соответственно, сопротивлениями прямой, обратной и нулевой последовательности.

При исследовании примем допущения:

1. Трансформатор запитан от источника бесконечной мощности и напряжение питания изменяется по синусоидальному закону.

2. Трансформатор является линейным элементом электрической сети.

При работе трансформатора на несимметричную нагрузку фазные напряжения его первичной обмотки, соединенной в звезду без нулевого провода, могут содержать составляющие прямой, обратной и нулевой последовательностей:

$$\begin{aligned}\underline{U}_A &= \underline{U}_{A1} + \underline{U}_{A2} + \underline{U}_{A0}; \\ \underline{U}_B &= \underline{U}_{B1} + \underline{U}_{B2} + \underline{U}_{B0}; \\ \underline{U}_C &= \underline{U}_{C1} + \underline{U}_{C2} + \underline{U}_{C0},\end{aligned}\tag{1}$$

где \underline{U}_{A1} , \underline{U}_{B1} , \underline{U}_{C1} – напряжения прямой последовательности фаз «А», «В», «С» первичной обмотки, В;

\underline{U}_{A2} , \underline{U}_{B2} , \underline{U}_{C2} – напряжения обратной последовательности фаз «А», «В», «С» первичной обмотки, В;

\underline{U}_{A0} , \underline{U}_{B0} , \underline{U}_{C0} – напряжения нулевой последовательности фаз «А», «В», «С» первичной обмотки, В.

В первичной обмотке нет путей для протекания токов нулевой последовательности, и они равны нулю:

$$\begin{aligned} \underline{I}_{A0} &= 0; \\ \underline{I}_{B0} &= 0; \\ \underline{I}_{C0} &= 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Фазные токи первичной обмотки равны сумме составляющих прямой и обратной последовательности:

$$\begin{aligned} \underline{I}_A &= \underline{I}_{A1} + \underline{I}_{A2}; \\ \underline{I}_B &= \underline{I}_{B1} + \underline{I}_{B2}; \\ \underline{I}_C &= \underline{I}_{C1} + \underline{I}_{C2}, \end{aligned} \quad (3)$$

где \underline{I}_{A1} , \underline{I}_{B1} , \underline{I}_{C1} – токи прямой последовательности фаз «А», «В», «С» первичной обмотки, А;

\underline{I}_{A2} , \underline{I}_{B2} , \underline{I}_{C2} – токи обратной последовательности фаз «А», «В», «С» первичной обмотки, А.

При этом система фазных токов первичной обмотки является уравновешенной, а их сумма равна нулю:

$$\begin{aligned} \underline{I}_A + \underline{I}_B + \underline{I}_C &= \\ &= \underline{I}_{A1} + \underline{I}_{A2} + \underline{I}_{B1} + \underline{I}_{B2} + \\ &+ \underline{I}_{C1} + \underline{I}_{C2} = 0. \end{aligned} \quad (4)$$

Фазные напряжения вторичной обмотки трансформатора, соединенной в двойной зигзаг с нулевым проводом, могут содержать составляющие всех последовательностей, и равны:

$$\begin{aligned} \underline{U}_a &= \underline{U}_{a1} + \underline{U}_{a2} + \underline{U}_{a0}; \\ \underline{U}_b &= \underline{U}_{b1} + \underline{U}_{b2} + \underline{U}_{b0}; \\ \underline{U}_c &= \underline{U}_{c1} + \underline{U}_{c2} + \underline{U}_{c0}, \end{aligned} \quad (5)$$

где \underline{U}_{a1} , \underline{U}_{b1} , \underline{U}_{c1} – напряжения прямой последовательности фаз «а», «б», «с» вторичной обмотки, В;

\underline{U}_{a2} , \underline{U}_{b2} , \underline{U}_{c2} – напряжения обратной последовательности фаз «а», «б», «с» вторичной обмотки, В;

\underline{U}_{a0} , \underline{U}_{b0} , \underline{U}_{c0} – напряжения нулевой последовательности фаз «а», «б», «с» вторичной обмотки, В.

Фазные токи вторичной обмотки также могут содержать составляющие всех последовательностей:

$$\begin{aligned} \underline{I}_a &= \underline{I}_{a1} + \underline{I}_{a2} + \underline{I}_{a0}; \\ \underline{I}_b &= \underline{I}_{b1} + \underline{I}_{b2} + \underline{I}_{b0}; \\ \underline{I}_c &= \underline{I}_{c1} + \underline{I}_{c2} + \underline{I}_{c0}, \end{aligned} \quad (6)$$

где \underline{I}_{a1} , \underline{I}_{b1} , \underline{I}_{c1} – токи прямой последовательности фаз «а», «б», «с» вторичной обмотки, А;

\underline{I}_{a2} , \underline{I}_{b2} , \underline{I}_{c2} – токи обратной последовательности фаз «а», «б», «с» вторичной обмотки, А;

\underline{I}_{a0} , \underline{I}_{b0} , \underline{I}_{c0} – токи нулевой последовательности фаз «а», «б», «с» вторичной обмотки, А.

Токи прямой и обратной последовательности протекают по вторичным фазным обмоткам и замыкаются через нагрузку трансформатора. Их сумма в нейтральной точке вторичной стороны равна нулю:

$$\underline{I}_{a1} + \underline{I}_{a2} + \underline{I}_{b1} + \underline{I}_{b2} + \underline{I}_{c1} + \underline{I}_{c2} = 0. \quad (7)$$

Вторичные токи нулевой последовательности равны и одинаково направлены во всех трех фазах:

$$\underline{I}_{a0} = \underline{I}_{b0} = \underline{I}_{c0}. \quad (8)$$

Замыкаясь через нулевой провод и нагрузку, они создают утроенный ток в нулевом проводе:

$$\underline{I}_N = \underline{I}_{a0} + \underline{I}_{b0} + \underline{I}_{c0} = 3\underline{I}_{a0}. \quad (9)$$

На основании второго закона Кирхгофа для первичной обмотки фазы «А» справедливо выражение:

$$\begin{aligned} \underline{U}_A &= \underline{U}_{A1} + \underline{U}_{A2} + \underline{U}_{A0} = \\ &= -\underline{E}_{A1} - \underline{E}_{A2} - \underline{E}_{A0} + \underline{I}_{A1}\underline{Z}_{11} + \underline{I}_{A2}\underline{Z}_{12}, \end{aligned} \quad (10)$$

где \underline{E}_{A1} , \underline{E}_{A2} , \underline{E}_{A0} – ЭДС прямой, обратной и нулевой последовательности фазы «А» первичной обмотки, создаваемые основным магнитным потоком, В;

\underline{Z}_{11} , \underline{Z}_{12} – полные сопротивления токам прямой и обратной последовательностей первичных фазных обмоток, Ом.

Из выражения (10) определим соотношения составляющих прямой, обратной и нулевой последовательности фазы «А» первичной обмотки:

$$\underline{U}_{A1} = -\underline{E}_{A1} + \underline{I}_{A1}\underline{Z}_{11}; \quad (11)$$

$$\underline{U}_{A2} = -\underline{E}_{A2} + \underline{I}_{A2}\underline{Z}_{12}; \quad (12)$$

$$\underline{U}_{A0} = -\underline{E}_{A0}. \quad (13)$$

Для вторичной обмотки фазы «а» справедливо выражение:

$$\begin{aligned} \underline{U}_a &= \underline{U}_{a1} + \underline{U}_{a2} + \underline{U}_{a0} = \underline{E}_{a1} + \underline{E}_{a2} + \underline{E}_{a0} - \\ &- \underline{I}_{a1}\underline{Z}_{(2-4)1} - \underline{I}_{a2}\underline{Z}_{(2-4)2} - \underline{I}_{a0}\underline{Z}_{(2-4)0}, \end{aligned} \quad (14)$$

где \underline{E}_{a1} , \underline{E}_{a2} , \underline{E}_{a0} – ЭДС прямой, обратной и нулевой последовательности фазы «а» вторичной обмотки, создаваемые основным магнитным потоком, В;

$\underline{Z}_{(2-4)1}$, $\underline{Z}_{(2-4)2}$, $\underline{Z}_{(2-4)0}$ – полные сопротивления токам прямой, обратной и нулевой последовательностей вторичных фазных обмоток, Ом.

$$\underline{Z}_{(2-4)1} = \underline{Z}_{21} + \underline{Z}_{31} + \underline{Z}_{41};$$

$$\underline{Z}_{(2-4)2} = \underline{Z}_{22} + \underline{Z}_{32} + \underline{Z}_{42}; \quad (15)$$

$$\underline{Z}_{(2-4)0} = \underline{Z}_{20} + \underline{Z}_{30} + \underline{Z}_{40},$$

где \underline{Z}_{21} , \underline{Z}_{22} , \underline{Z}_{20} – полные сопротивления половин a_1 , b_1 , c_1 вторичных фазных обмоток соответственно токам прямой, обратной и нулевой последовательности, Ом;

\underline{Z}_{31} , \underline{Z}_{32} , \underline{Z}_{30} – полные сопротивления четвертей a_2 , b_2 , c_2 вторичных фазных обмоток соответственно токам прямой, обратной и нулевой последовательности, Ом;

Z_{41}, Z_{42}, Z_{40} – полные сопротивления четвертей a_3, b_3, c_3 вторичных фазных обмоток соответственно токам прямой, обратной и нулевой последовательности, Ом.

Из выражения (14) определим соотношения составляющих прямой, обратной и нулевой последовательности фазы «а» вторичной обмотки:

$$\begin{aligned} \underline{U}_{a1} &= \underline{E}_{a1} - I_{a1} Z_{(2-4)1}; \\ \underline{U}_{a2} &= \underline{E}_{a2} - I_{a2} Z_{(2-4)2}; \\ \underline{U}_{a0} &= \underline{E}_{a0} - I_{a0} Z_{(2-4)0}. \end{aligned} \quad (16)$$

Так как составляющие нулевой последовательности фазных токов первичной обмотки i_{A0}, i_{B0}, i_{C0} равны нулю, то создаваемые ими МДС также равны нулю (рис. 1):

$$\begin{aligned} i_{A0} W_1 &= 0; \\ i_{B0} W_1 &= 0; \\ i_{C0} W_1 &= 0, \end{aligned} \quad (17)$$

где W_1 – количество витков в одной фазе первичной обмотки, шт.

Токи нулевой последовательности, протекая по вторичным фазным обмоткам, создают равные между собой по величине и по фазе МДС половин обмоток a_1, b_1, c_1 и равные между собой МДС четвертей $a_2, b_2, c_2, a_3, b_3, c_3$:

$$\begin{aligned} i_{a0} \frac{W_2}{2} &= i_{b0} \frac{W_2}{2} = i_{c0} \frac{W_2}{2}; \\ i_{a0} \frac{W_2}{4} &= i_{b0} \frac{W_2}{4} = i_{c0} \frac{W_2}{4}, \end{aligned} \quad (18)$$

где W_2 – количество витков в одной фазе вторичной обмотки, шт.

С учетом направления намотки и маркировки выводов токи нулевой последовательности обтекают половины фаз вторичных обмоток a_1, b_1, c_1 и четвертей $a_2, b_2, c_2, a_3, b_3, c_3$, расположенных на каждом из стержней магнитопровода, в противоположных направлениях (рис. 1). МДС нулевой последовательности в стержнях фаз «А», «В», «С» будут равны:

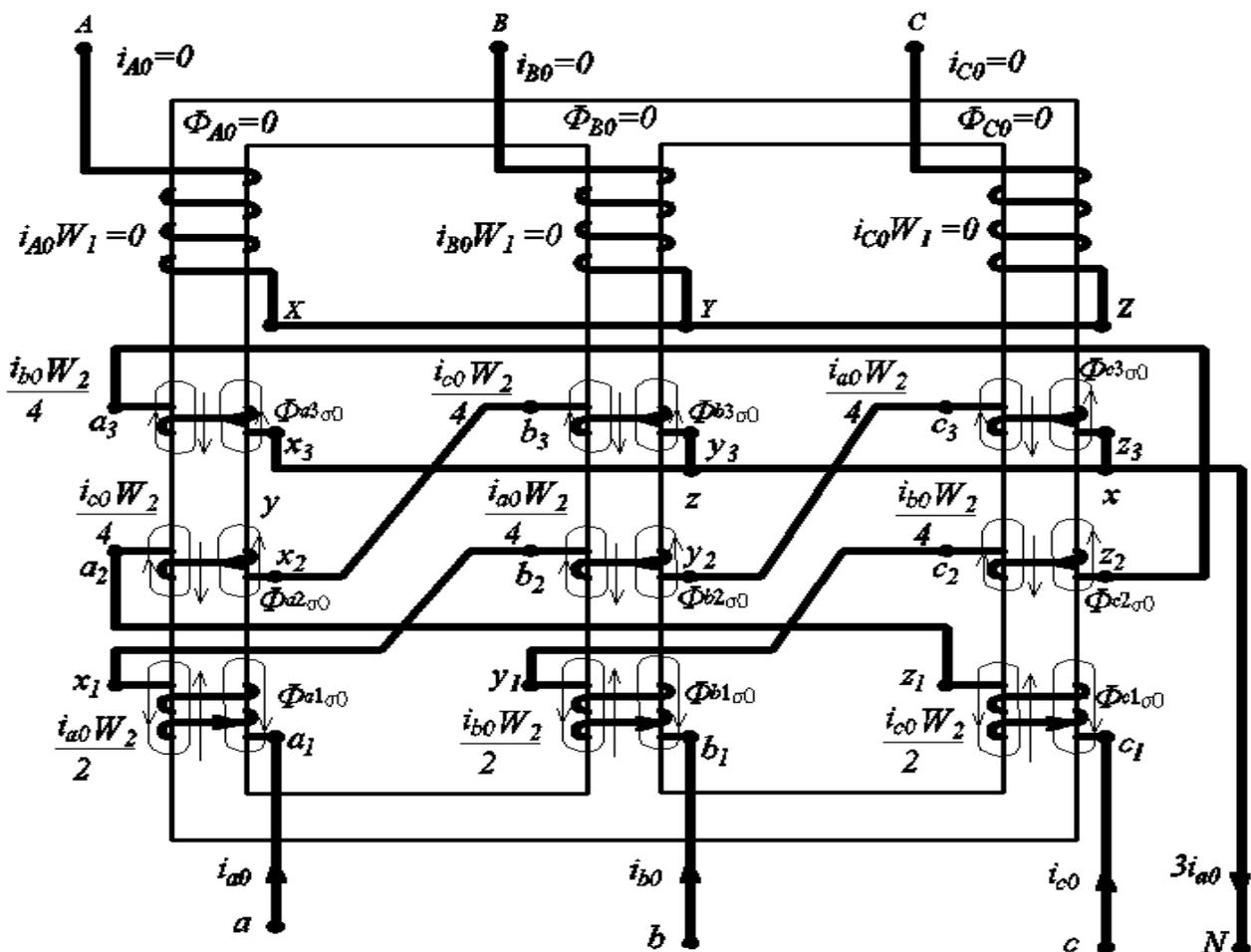


Рис. 1. Схема распределения МДС и магнитных потоков нулевой последовательности в трехфазном трансформаторе «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом»

$$\begin{aligned}
 f_{A0} &= 0 + i_{a0} \frac{W_2}{2} - i_{b0} \frac{W_2}{4} - i_{c0} \frac{W_2}{4} = \\
 &= i_{a0} \frac{W_2}{2} - i_{a0} \frac{W_2}{4} - i_{a0} \frac{W_2}{4} = 0; \\
 f_{B0} &= 0 + i_{b0} \frac{W_2}{2} - i_{a0} \frac{W_2}{4} - i_{c0} \frac{W_2}{4} = \\
 &= i_{a0} \frac{W_2}{2} - i_{a0} \frac{W_2}{4} - i_{a0} \frac{W_2}{4} = 0; \\
 f_{C0} &= 0 + i_{c0} \frac{W_2}{2} - i_{a0} \frac{W_2}{4} - i_{b0} \frac{W_2}{4} = \\
 &= i_{a0} \frac{W_2}{2} - i_{a0} \frac{W_2}{4} - i_{a0} \frac{W_2}{4} = 0.
 \end{aligned} \quad (19)$$

Происходит компенсация МДС нулевой последовательности, а их магнитные потоки в стержнях магнитопровода будут равны нулю:

$$\begin{aligned}
 \Phi_{A0} &= \frac{f_{A0}}{R_{A\mu 0}} = 0; \\
 \Phi_{B0} &= \frac{f_{B0}}{R_{B\mu 0}} = 0; \\
 \Phi_{C0} &= \frac{f_{C0}}{R_{C\mu}} = 0,
 \end{aligned} \quad (20)$$

где $R_{A\mu(3n+3)}$, $R_{B\mu(3n+3)}$, $R_{C\mu(3n+3)}$ – сопротивления магнитных цепей соответствующих фаз потока нулевой последовательности, Гн⁻¹.

Вторичная обмотка самостоятельно уравнивает свои намагничивающие силы нулевой последовательности, устраняя процесс дополнительного подмагничивания ими магнитопровода.

Могут возникать только потоки рассеяния

$$\Phi_{a1\sigma 0}, \Phi_{a2\sigma 0}, \Phi_{a3\sigma 0}, \Phi_{b1\sigma 0}, \Phi_{b2\sigma 0}, \Phi_{b3\sigma 0},$$

$\Phi_{c1\sigma 0}, \Phi_{c2\sigma 0}, \Phi_{c3\sigma 0}$ (рис. 1), которые тем меньше, чем ближе расположены друг к другу части вторичной обмотки.

ЭДС, создаваемые магнитными потоками нулевой последовательности в обмотках, также будут равны нулю:

$$\begin{aligned}
 e_{A0} &= -W_1 \frac{d\Phi_{A0}}{dt} = 0; e_{a0} = -W_2 \frac{d\Phi_{A0}}{dt} = 0; \\
 e_{B0} &= -W_1 \frac{d\Phi_{B0}}{dt} = 0; e_{b0} = -W_2 \frac{d\Phi_{B0}}{dt} = 0;
 \end{aligned} \quad (21)$$

$$e_{C0} = -W_1 \frac{d\Phi_{C0}}{dt} = 0; e_{c0} = -W_2 \frac{d\Phi_{C0}}{dt} = 0.$$

Следовательно, трансформатор не будет генерировать напряжения нулевой последовательности в питающую сеть, так как с учетом выражения (13):

$$\begin{aligned}
 \underline{U}_{A0} &= -\underline{E}_{A0} = 0; \\
 \underline{U}_{B0} &= -\underline{E}_{B0} = 0; \\
 \underline{U}_{C0} &= -\underline{E}_{C0} = 0.
 \end{aligned} \quad (22)$$

Искажение симметрии фазных напряжений первичной обмотки будет обусловлено только составляющими обратной последовательности. С учетом выражений (10) и (22), первичные фазные напряжения равны:

$$\begin{aligned}
 \underline{U}_A &= \underline{U}_{A1} + \underline{U}_{A2} = -\underline{E}_{A1} - \underline{E}_{A2} + \underline{I}_{A1} \underline{Z}_{11} + \underline{I}_{A2} \underline{Z}_{12}; \\
 \underline{U}_B &= \underline{U}_{B1} + \underline{U}_{B2} = -\underline{E}_{B1} - \underline{E}_{B2} + \underline{I}_{B1} \underline{Z}_{11} + \underline{I}_{B2} \underline{Z}_{12}; \\
 \underline{U}_C &= \underline{U}_{C1} + \underline{U}_{C2} = -\underline{E}_{C1} - \underline{E}_{C2} + \underline{I}_{C1} \underline{Z}_{11} + \underline{I}_{C2} \underline{Z}_{12}.
 \end{aligned} \quad (23)$$

Напряжения нулевой последовательности вторичной обмотки будут вызваны только падениями напряжений от соответствующих токов на сопротивлениях фаз:

$$\begin{aligned}
 \underline{U}_{a0} &= 0 - \underline{I}_{a0} \underline{Z}_{(2-4)0} = -\underline{I}_{a0} \underline{Z}_{(2-4)0}; \\
 \underline{U}_{b0} &= 0 - \underline{I}_{b0} \underline{Z}_{(2-4)0} = -\underline{I}_{b0} \underline{Z}_{(2-4)0}; \\
 \underline{U}_{c0} &= 0 - \underline{I}_{c0} \underline{Z}_{(2-4)0} = -\underline{I}_{c0} \underline{Z}_{(2-4)0}.
 \end{aligned} \quad (24)$$

Так как на каждом из стержней магнитопровода четверти вторичных фазных обмоток $a_2, b_2, c_2, a_3, b_3, c_3$ намотаны встречно половинам a_1, b_1, c_1 , то индуктивные составляющие их сопротивлений токам нулевой последовательности в значительной степени будут взаимно компенсироваться, и преобладает активная составляющая:

$$\underline{Z}_{(2-4)0} \approx r_{(2-4)0}. \quad (25)$$

Тогда

$$\begin{aligned}
 \underline{U}_{a0} &= -\underline{I}_{a0} r_{(2-4)0}; \\
 \underline{U}_{b0} &= -\underline{I}_{b0} r_{(2-4)0}; \\
 \underline{U}_{c0} &= -\underline{I}_{c0} r_{(2-4)0}.
 \end{aligned} \quad (26)$$

Вторичные фазные напряжения будут равны:

$$\begin{aligned}
 \underline{U}_a &= \underline{U}_{a1} + \underline{U}_{a2} + \underline{U}_{a0} = \\
 &= \underline{E}_{a1} + \underline{E}_{a2} - \underline{I}_{a1} \underline{Z}_{(2-4)1} - \underline{I}_{a2} \underline{Z}_{(2-4)2} - \underline{I}_{a0} r_{(2-4)0}; \\
 \underline{U}_b &= \underline{U}_{b1} + \underline{U}_{b2} + \underline{U}_{b0} = \\
 &= \underline{E}_{b1} + \underline{E}_{b2} - \underline{I}_{b1} \underline{Z}_{(2-4)1} - \underline{I}_{b2} \underline{Z}_{(2-4)2} - \underline{I}_{b0} r_{(2-4)0}; \\
 \underline{U}_c &= \underline{U}_{c1} + \underline{U}_{c2} + \underline{U}_{c0} = \\
 &= \underline{E}_{c1} + \underline{E}_{c2} - \underline{I}_{c1} \underline{Z}_{(2-4)1} - \underline{I}_{c2} \underline{Z}_{(2-4)2} - \underline{I}_{c0} r_{(2-4)0}.
 \end{aligned} \quad (27)$$

Каждая из составляющих прямой, обратной и нулевой последовательности вторичных напряжений будет равна сумме соответствующих значений трех частей вторичных фазных обмоток. В частности, для фазы «а»:

$$\begin{aligned} \underline{U}_a &= \underline{U}'_{a1} + \underline{U}'_{b2} + \underline{U}'_{c3} = \underline{U}_{a11} + \underline{U}_{b21} + \underline{U}_{c31} + \\ &+ \underline{U}_{a12} + \underline{U}_{b22} + \underline{U}_{c32} + \underline{U}_{a10} + \underline{U}_{b20} + \underline{U}_{c30} = \\ &= \underline{E}_{a11} + \underline{E}_{b21} + \underline{E}_{c31} + \underline{E}_{a12} + \underline{E}_{b22} + \underline{E}_{c32} - \\ &- \underline{I}_{a1} \underline{Z}_{21} - \underline{I}_{a1} \underline{Z}_{31} - \underline{I}_{a1} \underline{Z}_{41} - \underline{I}_{a2} \underline{Z}_{12} - \underline{I}_{a2} \underline{Z}_{32} - \\ &- \underline{I}_{a2} \underline{Z}_{42} - \underline{I}_{a0} r_{20} - \underline{I}_{a0} r_{30} - \underline{I}_{a0} r_{40}, \end{aligned} \quad (28)$$

где $\underline{U}'_{a1}, \underline{U}'_{b2}, \underline{U}'_{c3}$ – напряжения частей a_1, b_2, c_3 вторичной обмотки фазы «а», В;

$\underline{U}_{a11}, \underline{U}_{a12}, \underline{U}_{a10}$ – напряжения прямой, обратной и нулевой последовательности половины a_1 вторичной обмотки фазы «а», В;

$\underline{U}_{b21}, \underline{U}_{b22}, \underline{U}_{b20}$ – напряжения прямой, обратной и нулевой последовательности четверти b_2 вторичной обмотки фазы «а», В;

$\underline{U}_{c31}, \underline{U}_{c32}, \underline{U}_{c30}$ – напряжения прямой, обратной и нулевой последовательности четверти c_3 вторичной обмотки фазы «а», В;

$\underline{E}_{a11}, \underline{E}_{a12}, \underline{E}_{a10}$ – ЭДС прямой, обратной и нулевой последовательности половины a_1 вторичной обмотки фазы «а», В;

$\underline{E}_{b21}, \underline{E}_{b22}, \underline{E}_{b20}$ – ЭДС прямой, обратной и нулевой последовательности четверти b_2 вторичной обмотки фазы «а», В;

$\underline{E}_{c31}, \underline{E}_{c32}, \underline{E}_{c30}$ – ЭДС прямой, обратной и нулевой последовательности четверти c_3 вторичной обмотки фазы «а», В;

r_{20}, r_{30}, r_{40} – активные сопротивления частей a_1, b_2, c_3 вторичной обмотки фазы «а» току нулевой последовательности, Ом.

Тогда для составляющих прямой, обратной и нулевой последовательности частей a_1, b_2, c_3 вторичной обмотки фазы «а» будут справедливы соотношения:

$$\begin{aligned} \underline{U}_{a11} &= \underline{E}_{a11} - \underline{I}_{a1} \underline{Z}_{21}; \\ \underline{U}_{b21} &= \underline{E}_{b21} - \underline{I}_{a1} \underline{Z}_{31}; \\ \underline{U}_{c31} &= \underline{E}_{c31} - \underline{I}_{a1} \underline{Z}_{41}; \\ \underline{U}_{a12} &= \underline{E}_{a12} - \underline{I}_{a2} \underline{Z}_{22}; \\ \underline{U}_{b22} &= \underline{E}_{b22} - \underline{I}_{a2} \underline{Z}_{32}; \\ \underline{U}_{c32} &= \underline{E}_{c32} - \underline{I}_{a2} \underline{Z}_{42}; \\ \underline{U}_{a10} &= -\underline{I}_{a0} r_{20}; \\ \underline{U}_{b20} &= -\underline{I}_{a0} r_{30}; \\ \underline{U}_{c30} &= -\underline{I}_{a0} r_{40}. \end{aligned} \quad (29)$$

Аналогичным образом получим соотношения для частей вторичной обмотки фазы «b»:

$$\begin{aligned} \underline{U}_{b11} &= \underline{E}_{b11} - \underline{I}_{b1} \underline{Z}_{21}; \\ \underline{U}_{c21} &= \underline{E}_{c21} - \underline{I}_{b1} \underline{Z}_{31}; \\ \underline{U}_{a31} &= \underline{E}_{a31} - \underline{I}_{b1} \underline{Z}_{41}; \\ \underline{U}_{b12} &= \underline{E}_{b12} - \underline{I}_{b2} \underline{Z}_{22}; \\ \underline{U}_{c22} &= \underline{E}_{c22} - \underline{I}_{b2} \underline{Z}_{32}; \\ \underline{U}_{a32} &= \underline{E}_{a32} - \underline{I}_{b2} \underline{Z}_{42}; \\ \underline{U}_{b10} &= -\underline{I}_{b0} r_{20}; \\ \underline{U}_{c20} &= -\underline{I}_{b0} r_{30}; \\ \underline{U}_{a30} &= -\underline{I}_{b0} r_{40}. \end{aligned} \quad (30)$$

Для частей фазы «с» вторичной обмотки:

$$\begin{aligned} \underline{U}_{c11} &= \underline{E}_{c11} - \underline{I}_{c1} \underline{Z}_{21}; \\ \underline{U}_{a21} &= \underline{E}_{a21} - \underline{I}_{c1} \underline{Z}_{31}; \\ \underline{U}_{b31} &= \underline{E}_{b31} - \underline{I}_{c1} \underline{Z}_{41}; \\ \underline{U}_{c12} &= \underline{E}_{c12} - \underline{I}_{c2} \underline{Z}_{22}; \\ \underline{U}_{a22} &= \underline{E}_{a22} - \underline{I}_{c2} \underline{Z}_{32}; \\ \underline{U}_{b32} &= \underline{E}_{b32} - \underline{I}_{c2} \underline{Z}_{42}; \\ \underline{U}_{c10} &= -\underline{I}_{c0} r_{20}; \\ \underline{U}_{a20} &= -\underline{I}_{c0} r_{30}; \\ \underline{U}_{b30} &= -\underline{I}_{c0} r_{40}. \end{aligned} \quad (31)$$

Если первичные обмотки и части вторичных обмоток, размещенные на одном стержне, рассматривать как обмотки четырехобмоточного трансформатора, то основании выражений (11), (12), (22), (29)–(31) получим его схемы замещения для токов прямой, обратной и нулевой последовательности. На рисунках 2–4 представлены схемы замещения для обмоток, расположенных на стержне магнитопровода фазы «А». Стрелками показаны положительные направления напряжений, токов и ЭДС.

Для обмоток фазы «А» будет следующее соотношение составляющих прямой и обратной последовательностей первичной и вторичной стороны:

$$\begin{aligned} \underline{U}_{A1} - \underline{I}_{A1} \underline{Z}_{11} &= -\frac{W_1}{W_2} \underline{U}_{a1} - \frac{W_2}{W_1} \underline{I}_{a1} \cdot \left(\frac{W_1}{W_2}\right)^2 \underline{Z}_{(2-4)1}; \\ \underline{U}_{A2} - \underline{I}_{A2} \underline{Z}_{12} &= -\frac{W_1}{W_2} \underline{U}_{a2} - \frac{W_2}{W_1} \underline{I}_{a2} \cdot \left(\frac{W_1}{W_2}\right)^2 \underline{Z}_{(2-4)2}. \end{aligned} \quad (32)$$

Системы токов прямой и обратной последовательности трансформируются с вторичной стороны на первичную и наоборот, и являются уравновешенными.

Сопротивления короткого замыкания трансформатора токам прямой и обратной последовательностей равны:

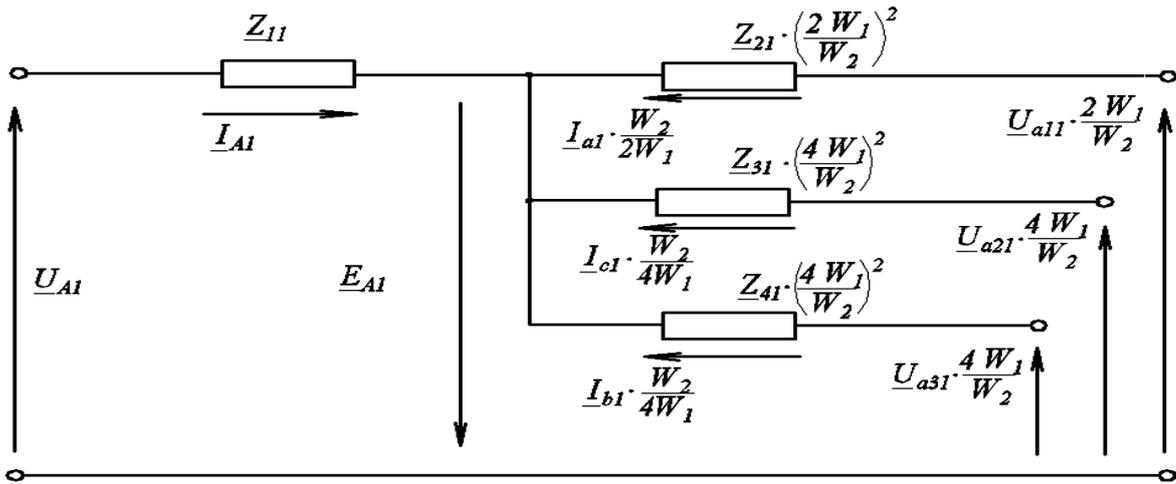


Рис. 2. Схема замещения трансформатора «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» для токов прямой последовательности

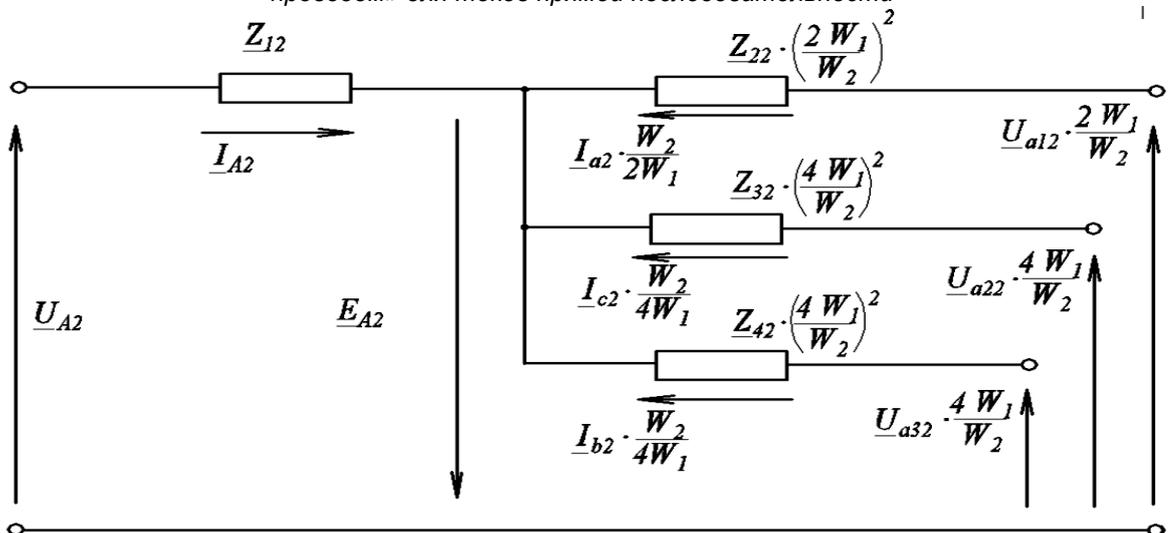


Рис. 3. Схема замещения трансформатора «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» для токов обратной последовательности

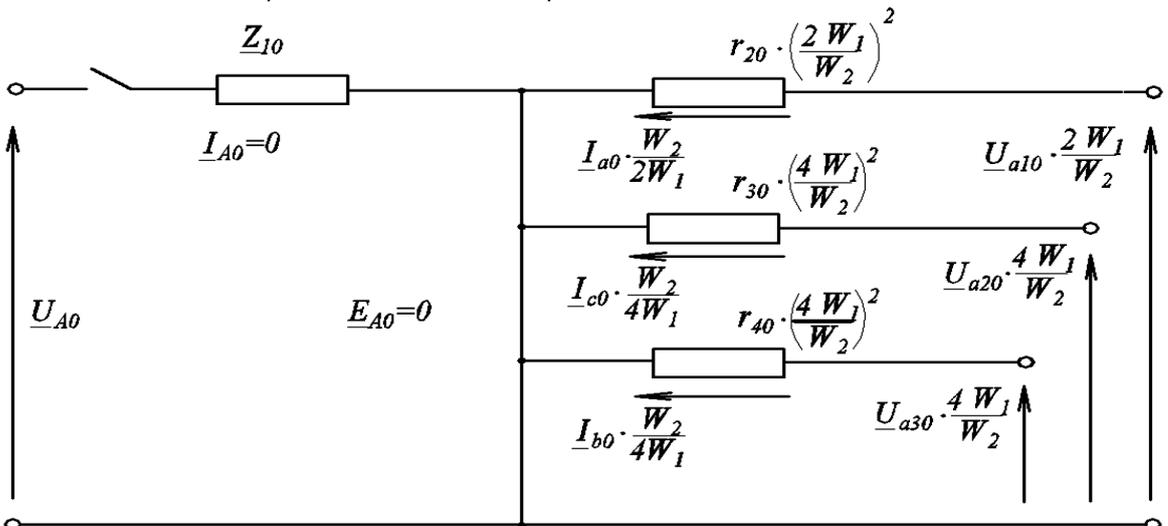


Рис. 4. Схема замещения трансформатора «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» для токов нулевой последовательности

$$\begin{aligned} Z_{K1} &= Z_{11} + \left(\frac{W_1}{W_2}\right)^2 Z_{(2-4)1}; \\ Z_{K2} &= Z_{12} + \left(\frac{W_1}{W_2}\right)^2 Z_{(2-4)2}. \end{aligned} \quad (33)$$

С учетом, что

$$\begin{aligned} \frac{W_2}{W_1} I_{ma1} &= I_{mA1}; \\ \frac{W_2}{W_1} I_{ma2} &= I_{mA2}, \end{aligned} \quad (34)$$

получим

$$\begin{aligned} \underline{U}_{A1} - \underline{I}_{A1} Z_{K1} &= -\frac{W_1}{W_2} \underline{U}_{a1}; \\ \underline{U}_{A2} - \underline{I}_{A2} Z_{K2} &= -\frac{W_1}{W_2} \underline{U}_{a2}. \end{aligned} \quad (35)$$

Для составляющих нулевой последовательности:

$$\underline{U}_{A0} = -\frac{W_1}{W_2} \underline{U}_{a0} - \frac{W_2}{W_1} \underline{I}_{a0} \cdot \left(\frac{W_1}{W_2}\right)^2 r_{(2-4)0} = 0, \quad (36)$$

откуда

$$-\frac{W_1}{W_2} \underline{U}_{a0} = \frac{W_2}{W_1} \underline{I}_{a0} \cdot \left(\frac{W_1}{W_2}\right)^2 r_{(2-4)0}. \quad (37)$$

Сложив выражения (35) и (37), получим:

$$\underline{U}_a = -\frac{W_2}{W_1} (\underline{U}_{A1} - \underline{U}_{A2} + \underline{I}_{A1} Z_{K1} + \underline{I}_{A2} Z_{K2}) - \underline{I}_{a0} r_{(2-4)0}. \quad (38)$$

Аналогичным образом определим напряжения фаз «В» и «С» вторичной стороны трансформатора:

$$\underline{U}_b = -\frac{W_2}{W_1} (\underline{U}_{B1} - \underline{U}_{B2} + \underline{I}_{B1} Z_{K1} + \underline{I}_{B2} Z_{K2}) - \underline{I}_{b0} r_{(2-4)0}; \quad (39)$$

$$\underline{U}_c = -\frac{W_2}{W_1} (\underline{U}_{C1} - \underline{U}_{C2} + \underline{I}_{C1} Z_{K1} + \underline{I}_{C2} Z_{K2}) - \underline{I}_{c0} r_{(2-4)0}. \quad (40)$$

Заключение

1. Несимметрия напряжений трансформатора обусловлена составляющими прямой и обратной последовательности, которые трансформируются с первичной на вторичную сторону и наоборот, а также падениями напряжений от токов прямой и обратной последовательности на сопротивлениях обмоток, которые незначительны.

2. Снижение несимметрии напряжений происходит вследствие компенсации составляющих нулевой последовательности, а их остаточные значения обусловлены падениями напряжений от токов нулевой последовательности на активных сопротивлениях фаз вторичной обмотки.

3. Вторичная обмотка самостоятельно уравнивает свои намагничивающие силы нулевой последовательности, устраняя процесс дополнительного подмагничивания ими магнитопровода. При этом магнитная система трансформатора уравновешена.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трехфазный симметрирующий трансформатор с четной группой соединения обмоток: пат. 16008 Респ. Беларусь / А.И. Зеленькевич, В.М. Збродьга; заявитель Белор. гос. аграр. технич. университет. – № а 20100121; заявл. 2010.02.01; опубл. 30.06.2012 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – № 3. – С. 180-181.

2. Прищепов, М.А. Особенности преобразования электрической энергии в трансформаторе со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» / М.А. Прищепов, В.М. Збродьга, А.И. Зеленькевич // Агропанорама. – 2017. – № 5. – С. 16-25.

3. Прищепов, М.А. Работа трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» при нелинейном характере нагрузки / М.А. Прищепов, В.М. Збродьга, А.И. Зеленькевич // Агропанорама. – 2018. – № 1. – С. 9-19.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 28.09.2018

УДК 629.113-592.004.58

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОНИЦАЕМОСТЬ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ СТЕПЕНИ ВЫРАБОТКИ РЕСУРСА МОТОРНОГО МАСЛА

Ю.Д. Карпиевич,

зав. каф. «Автомобили» БНТУ, докт. техн. наук, доцент

И.И. Бондаренко,

ст. преподаватель каф. «Тракторы и автомобили» БГАТУ

Д.А. Русакевич,

доцент БНТУ, канд. техн. наук

В статье рассмотрен новый метод бортового мониторинга степени выработки ресурса моторного масла. В основу этого метода положено изменение диэлектрической проницаемости моторного масла в процессе работы двигателя внутреннего сгорания.

Ключевые слова: бортовое диагностирование, диэлектрическая проницаемость, двигатель внутреннего сгорания, моторное масло, мониторинг.

This article describes a new method for onboard monitoring the degree of elaboration of resource of motor oil. The basis of this method began changing the dielectric permittivity of motor oil in the course of work of the internal combustion engine.

Keywords: On-Board diagnostics, dielectric permeability, internal combustion engine, engine oil, monitoring.

Введение

В процессе эксплуатации двигателей внутреннего сгорания масло подвергается количественным и качественным изменениям. Количественные изменения происходят при испарении легких масляных фракций, сгорании масла при насосном действии компрессионных колец. Качественные изменения обусловлены старением масла и химическими превращениями его компонентов, продуктов изнашивания цилиндропоршневой группы и несгоревшего топлива. Уменьшение количества и ухудшение качества работающего масла в условиях высокой интенсивности подобных процессов в современных высокофорсированных двигателях в итоге может привести к их отказу.

Авторами публикации разработана новая методика бортового мониторинга степени выработки ресурса моторного масла. Представлена структурная схема системы бортового диагностирования степени выработки ресурса моторного масла.

Диэлектрическая проницаемость как диагностический показатель при определении степени выработки ресурса моторного масла предоставит возможность оперативно, в любой период эксплуатации машин, рассчитать остаточный ресурс моторного масла, а также прогнозировать время его замены.

Основная часть

Сложившийся в прошлом столетии и получивший наибольшее распространение регламентный характер контрольно-диагностических работ не может

обеспечить требуемый уровень технического состояния колесных и гусеничных машин, так как не учитывает индивидуальные особенности каждой машины, условия ее эксплуатации, техническое обслуживание и проведенные ранее ремонтные работы [1].

Повышение эксплуатационной надежности колесных и гусеничных машин, снижение затрат на техническое обслуживание и ремонт возможны только при своевременном и объективном определении их технического состояния [2].

Эффективным способом повышения качества проведения технического обслуживания и ремонта, а также эксплуатационной надежности двигателей внутреннего сгорания является диагностирование их технического состояния [3].

Все перечисленные выше проблемы могут решаться за счет непрерывного контроля технического состояния двигателей внутреннего сгорания колесных и гусеничных машин [4].

Для установления сроков службы моторного масла необходимо вести бортовой мониторинг его загрязнения.

Рассмотрим подробнее этот аспект диагностики.

Обычно изготовитель двигателя в инструкции по эксплуатации устанавливает наработку двигателя в мото-часах или пробег автомобиля, после чего масло должно быть заменено свежим. При этом изготовители двигателей исходят из средних статистических данных по работоспособности масла в различных условиях эксплуатации и при техническом состоянии двигателя, близком к предельному, перед постановкой на ремонт.

При фиксированной наработке до смены масла в новых двигателях и двигателях, работающих в более благоприятных условиях, смена масла происходит преждевременно. Масло сливается из двигателя еще в работоспособном состоянии. В то же время, в некоторых двигателях (чаще из-за неполадок в системах охлаждения и топливоподачи) масло становится неработоспособным до того, как оно должно быть заменено по инструкции [5].

Качество моторного масла – один из решающих факторов, определяющих работоспособность двигателя. Основными функциями моторного масла являются: снижение износа трущихся поверхностей, уменьшение затрат энергии на преодоление трения, отвод теплоты от нагретых деталей, удаление с трущихся поверхностей накапливающихся продуктов сгорания [6].

Масло для двигателя должно иметь вязкость, обеспечивающую надежную смазку деталей при всех рабочих температурах с наименьшими потерями на трение, обладать соответствующими низкотемпературными свойствами для облегчения зимнего пуска двигателя, а также иметь хорошие моющие и диспергирующие свойства. Этим достигается необходимая чистота деталей цилиндропоршневой группы и газораспределительного механизма. Масло должно обладать высокими противокислительными свойствами для торможения процессов окисления и уменьшения накопления в работающем масле продуктов окисления, составляющих основу нагара, а также удовлетворять требованиям экологической безопасности.

Эксплуатационные свойства масел обеспечивают долговечную и безотказную работу двигателей при условии соблюдения правил технического обслуживания, срока смены масла, нагрузочного и температурного режимов.

Показатели качества масла в процессе работы двигателя изменяются. В масле срабатываются присадки, оно загрязняется механическими примесями и продуктами сгорания топлива [7].

При сгорании топлива с повышенным содержанием серы в работающих маслах образуется серная или сернистая кислота, которая резко увеличивает коррозионный износ деталей двигателя.

На изменение свойства масел существенное влияние оказывает техническое состояние двигателя. Скорость «старения» масла значительно выше при работе изношенных деталей и работе с перегрузкой [8].

При работе двигателя качество масла постепенно ухудшается и поэтому через определенное время требует замены. Периодичность замены масла указывают в сроках планово-предупредительной системы технического обслуживания автомобилей и работы двигателя трактора, рекомендуемых заводом-изготовителем [9].

Превышение интервалов замены масла отрицательно сказывается на качестве работы и ресурсе двигателя.

Учитывая изложенное выше, рассмотрим новый метод бортового мониторинга степени выработки

ресурса моторного масла. В основу этого метода положено изменение диэлектрической проницаемости моторного масла в процессе работы двигателя внутреннего сгорания.

Структурная схема микропроцессорной системы бортового мониторинга степени выработки ресурса моторного масла представлена на рис. 1.

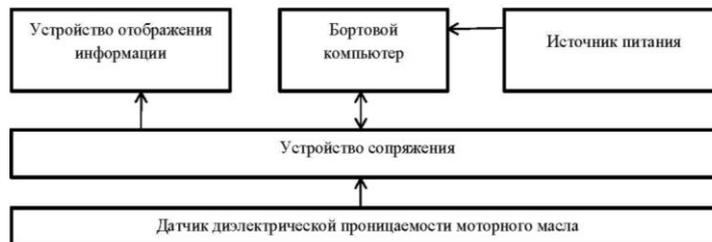


Рис. 1. Структурная схема микропроцессорной системы бортового мониторинга степени выработки ресурса моторного масла

Микропроцессорная система бортового мониторинга степени выработки ресурса моторного масла начинает свою работу при включении бортовой сети колесных и гусеничных машин, реализуя при этом некоторый алгоритм (рис. 2), представляющий собой

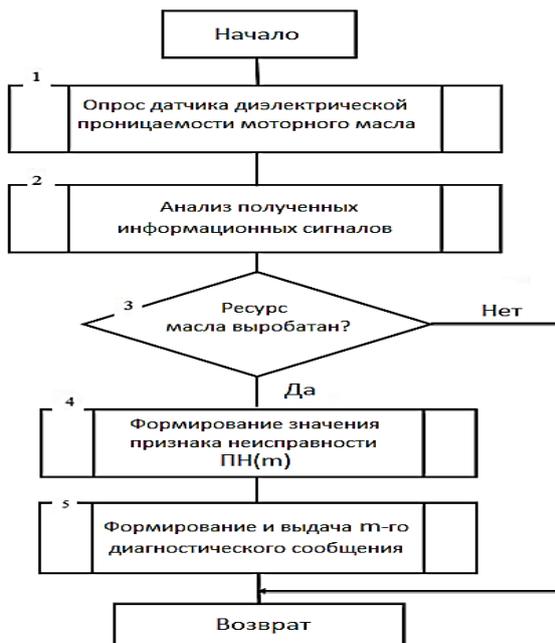


Рис. 2. Укрупненная блок-схема алгоритма бортового мониторинга степени выработки ресурса моторного масла

опрос датчика диэлектрической проницаемости моторного масла и производя соотношения полученных значений информационных сигналов с константой предельной выработки, внесенной в память микроЭВМ. Если в результате обработки этой информации степень выработки моторного масла достигает 100 %, то признаку неисправности ПН (m) присваивается необходимое значение и формируется соответствующее диагностическое сообщение.

Значения информационных сигналов от датчика диэлектрической проницаемости моторного масла поступают в бортовой компьютер.

Все это можно записать следующим образом:

$$\Delta = \frac{M}{M_0} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где M – текущее значение информационного сигнала диэлектрической проницаемости моторного масла; M_0 – значение информационного сигнала диэлектрической проницаемости моторного масла, соответствующее предельно допустимой степени выработки его ресурса (определяется экспериментально заводом-изготовителем).

Из формулы (1) видно, что степень выработки ресурса моторного масла можно определить в любой период эксплуатации двигателя внутреннего сгорания.

Заключение

Таким образом, использование уровня информационного сигнала от датчика диэлектрической проницаемости моторного масла позволит оперативно в любой период эксплуатации колесных и гусеничных машин определять остаточный ресурс моторного масла, а также прогнозировать время его замены.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григоров, А.Б. Диэлектрическая проницаемость как комплексный показатель, характеризующий изменение качества моторных масел в процессе их эксплуатации / А.Б. Григоров, П.В. Карножицкий, С.А. Слободской // Вестник национального

технического университета «ХПИ». – 2006. – № 25. – С. 169-175.

2. Мамедьяров, М.А. Химия синтетических масел / М.А. Мамедьяров. – Л.: Химия, 1989. – 240 с.

3. Картошкин, А.П. Смазочные материалы для автотракторной техники / А.П. Картошкин. – М.: Академия, 2012 – С. 103-114.

4. Картошкин, А.П. Топливо для автотракторной техники / А.П. Картошкин. – М.: Академия, 2013. – С. 158-163.

5. Григоров, А.Б. Изменение диэлектрической проницаемости дизельных моторных масел в эксплуатации / А.Б. Григоров, П.В. Карножицкий, И.С. Наглюк // Автомобильный транспорт. – Х.: ХНАДУ. – 2007. – № 20. – С. 95-97.

6. Школьников, В.М. Топлива, смазочные материалы и технические жидкости. Ассортимент и применение / В.М. Школьников. – М.: Химия, 1999. – С. 102-106.

7. Автомобильные эксплуатационные материалы / И.Л. Трафименко [и др.]. – Минск: Новое знание. – 2008. – С.71-73.

8. Григоров, А.Б. Изменение диэлектрической проницаемости дизельных моторных масел в эксплуатации / А.Б. Григоров, П.В. Карножицкий, И.С. Наглюк // Автомобильный транспорт. – 2007. – № 20. – С. 84-87.

9. Майофис, И.М. Химия диэлектриков / И.М. Майофис. – М.: Высшая школа, 1970. – 320 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 08.05.2018

Микропроцессорная система кормления свиней

Предназначена для оперативного изменения доз кормления, контроля процесса кормления, учета расхода сухого и жидкого корма.

Разработанная система позволяет автоматизировать процесс кормления свиней, повысить эффективность и снизить издержки производства свинины.

Основные технические данные

1. Полная совместимость с типовым технологическим оборудованием КПС-54, КПС-108.
2. Нормированное кормление, оперативное изменение норм кормления.
3. Расчет фактических объемов замеса и раздачи жидкого корма без остатков.
4. Сокращение времени кормления в 1,5...2 раза.
5. Значительно дешевле и лучше западных аналогов.



МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПОТРЕБНОСТИ СЕЛЬХОЗОРГАНИЗАЦИЙ В ТЕХНИКЕ С УЧЕТОМ СПЕЦИФИКИ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ

Г.И. Гануш,

зав. каф. экономической теории и права БГАТУ, докт. экон. наук, профессор, чл.-корр. НАН Беларуси

А.А. Бурачевский,

ассистент каф. экономической теории и права БГАТУ

В статье предложена методика расчета потребности в технических средствах сельскохозяйственных организаций, находящихся в различных агроклиматических зонах республики. Представлен алгоритм разработки данной методики на примере двух организаций, изложены этапы ее практического применения.

Ключевые слова: сельскохозяйственная организация, природные и экономические условия, адаптация, потребность в технике, эффективность, нормативные сроки, методика, алгоритм, энергетическая мощность.

The article proposes a technique for calculating the need for technical means of agricultural organizations located in different agroclimatic zones of the republic. An algorithm for the development of this technique has been presented, with an example of two organizations outlining the stages of its practical application.

Keywords: agricultural organization, natural and economic conditions, adaptation, the need for technology, efficiency, regulatory deadlines, methodology, algorithm, energy capacity.

Введение

Техническая оснащенность каждой сельскохозяйственной организации может быть адекватной задачам обеспечения намечаемой эффективности производства, если наличное количество, видовой состав и качественные характеристики техники будут максимально адаптированными к конкретным условиям функционирования хозяйства (климат местности, свойства почв, специализация производства, структура сельхозугодий, пашни и посевных площадей, место нахождения хозяйства и др.). В данной связи возникает необходимость разработки соответствующей методики, использование которой позволило бы на научно обоснованном уровне осуществлять расчеты оптимальной адаптации количественных и качественных параметров технического обеспечения субъектов сельскохозяйственного производства к природно-экономическим условиям их функционирования.

Основная часть

Разработка расчета потребности сельхозорганизаций в технике с учетом особенностей конкретных климатических почвенных факторов выполнена на базе отчетных данных за 2016 г. двух сельхозорганизаций Верхнедвинского и Житковичского районов. Выбор именно этих организаций обусловлен тем, что сельскохозяйственные производители Верхнедвинского района относятся к Северной агроклиматической зоне Беларуси, а предприятия Житковичского района – к Южной [1]. Это позволило не только произвести сопоставление фактического наличия технических

средств в организациях, но и оценить перспективную потребность в них с учетом специфики природных условий тех территорий, на которых эти предприятия находятся.

Обе организации специализируются на производстве и продаже молока. Так, в организации № 1 (Верхнедвинский район, предприятие 800140) продукция отрасли молочного скотоводства в структуре выручки от реализации продукции занимает 55,7 %, а в организации № 2 (Житковичский район, предприятие 150359) – 54,2 %. Коэффициент специализации и другие производственно-экономические показатели представлены в таблице 1.

Структура посевных площадей анализируемых сельхозорганизаций характеризуется показателями, представленными в таблице 2.

Данные таблицы свидетельствуют, что в структуре посевов обоих хозяйств преобладают зерновые и зернобобовые культуры, кукуруза, многолетние и однолетние травы.

В предлагаемой методике в качестве примера оценки потребности в технике взято основное энергетическое средство в сельском хозяйстве – трактор. Необходимое количество тракторов устанавливается по основным видам технологических работ. Алгоритм методики включает следующие этапы:

1. *Определение нормативного срока выполнения технологических операций по производству конкретного вида продукции.* Например, наиболее приемлемым периодом для проведения подъема зяби является

Таблица 1. Показатели оценки функционирования анализируемых организаций

Показатели	Организация № 1 (Верхнедвинский район)	Организация № 2 (Житковичский район)
Коэффициент специализации	0,314	0,414
Удельный вес главной отрасли в структуре товарной продукции, %	55,7	54,2
Количество тракторов, шт.	27	42
Нагрузка на 1 трактор, га пашни	82,8	103,1
<i>Примечание. Составлено по данным электронной базы годовых отчетов сельскохозяйственных организаций УП "ГИВЦ Минсельхозпрода" за 2016 г. [6]</i>		

временной промежуток с середины августа до середины октября, т. е. пока средняя суточная температура воздуха не опустится ниже 16°С.

Причем, вспашку по рекомендациям ученых необходимо осуществлять исключительно в летне-осенний период, не оставляя работу на весну, или тем более на зиму. В силу различий климатических условий для организации в Гомельской области этот период будет составлять 9 недель, или 63 дня; для организации в Витебской области существенно меньше – 7 недель, или 49 дней.

2. *Определение на основе данных технологических карт и планов производства продукции предприятием необходимого объема работ по каждой технологической операции (i) и видам выращиваемых культур (j), га.* Так, в организации № 1 объем работ (вспашки) составляет 2031,67 га = 1045 га (зерновые) + 300 га (кукуруза) + 322 га (рапс) + 263 га (однолетние травы) + 101,67 га (1/3 площади многолетних трав), а в организации № 2 – 4107,67 га = 1656 га (зерновые) + 904 га (кукуруза) + 10 га (картофель) + 1426 га (однолетние травы) + 111,67 га (1/3 площади многолетних

трав). Расчеты проведены при условии, что оба производителя применяют традиционную отвальную технологию обработки почвы.

3. *Нахождение среднего суточного необходимого объема выполняемых работ в оптимальные сроки ($V_{\text{опт}}^c$), га:*

$$V_{\text{опт}}^c = \frac{V_{ni}^j}{T_{\text{норм}}}, \quad (1)$$

где V_{ni}^j – необходимый объем работ по каждой технологической операции (i) и видам выращиваемых культур (j);

$T_{\text{норм}}$ – нормативный срок выполнения технологических операций по производству продукции.

$V_{\text{опт}}^c$ для организации № 1 = 2037,67 / 49 = 41,58 га;

$V_{\text{опт}}^c$ для организации № 2 = 4107,67 / 63 = 65,2 га.

4. *Выявление значения потребности в энергетических мощностях, необходимых для выполнения среднего суточного объема выполняемых работ ($P_{\text{л.с.}}$).* Первоначально устанавливается количество единиц тракторов для выполнения обязательного суточного задания (K_T).

Установлено, что в сутки в организации № 1 необходимо распахивать 41,68 га. Суточная выработка трактора БЕЛАРУС-3022 составляет в среднем 32 га. В данном случае для выполнения объема работы необходимо будет привлечь 41,68/32 = 1,3025 трактора в сутки.

Для организации № 2 суточная потребность в тракторах для вспашки составит 65,2 / 32 = 2,04 трактора.

Далее определяется количество лошадиных сил, требуемых для выполнения задания (по вспашке) за оптимальный период.

$P_{\text{л.с.1}} = 1,3025 \times 300 = 390,75$ л. с. необходимо в сутки для того, чтобы вспахать 41,68 га, что составляет обязательное задание хозяйства Верхнедвинского района.

$P_{\text{л.с.2}} = 2,04 \times 300 = 612$ л. с. необходимо в сутки для того, чтобы вспахать 65,2 га (необходимую суточную норму выработки для хозяйства Верхнедвинского района).

Энергетическая мощность одного трактора БЕЛАРУС-3022 равна 300 л. с. По нормам, указанным

Таблица 2. Структура сельхозугодий и пашни организаций № 1 и № 2

Показатели	Организация № 1 (Верхнедвинский район)			Организация № 2 (Житковичский район)		
	размер, га	удельный вес, %		размер, га	удельный вес, %	
		в структуре пашни	в структуре с.-х. угодий		в структуре пашни	в структуре с.-х. угодий
Зерновые и зернобобовые	1045	46,8	29,2	1656	38,2	32,9
Кукуруза на зерно, силос и зеленый корм	300	13,4	8,4	904	20,9	17,9
Картофель	-	-	-	10	0,2	0,2
Рапс	322	14,4	9,0	-	-	-
Многолетние травы	305	13,6	8,5	335	7,7	6,6
Однолетние травы	263	11,8	7,4	1426	32,9	28,3
Естественные сенокосы и пастбища	304	-	8,5	146	-	2,9
Искусственные сенокосы и пастбища	1039	-	29,0	562	-	11,2
Площадь пашни	2235	100,0	62,5	4331	100,0	85,9
Площадь с.-х. угодий	3578	-	100	5039	-	100
<i>Примечание. Составлено по данным электронной базы годовых отчетов сельскохозяйственных организаций УП "ГИВЦ Минсельхозпрода" за 2016 г.</i>						

в справочнике нормативов трудовых и материальных затрат для ведения сельскохозяйственного производства, посев зерновых культур должен продолжаться не более 10 суток [5]. Это значит, что в течение 12-часовой смены в организации № 1 при сохранении существующего размера клина озимых зерновых нужно сеять по 60 га, в среднем.

Если для проведения посева зерновых используется 1 трактор БЕЛАРУС-3022 с почвообрабатывающе-посевным агрегатом АПП-6, то потребуется 1,5 трактора (60 / 40), или $1,5 \times 300 = 450$ л. с., т.к. производительность такого МТА составляет за 12 часов работы примерно 40 га.

В организации № 2 для посева на площади 127,5 га в сутки потребуются 3,19 трактора (127,5 / 40), или $3,19 \times 300 = 957$ л. с. (при сохранении аналогичных параметров производительности машинно-тракторного агрегата).

Таким образом определяется потребность в энергетической мощности по всем проводимым агротехническим мероприятиям в зависимости от принятой технологии производства.

Полученные таким способом данные можно представить по форме, отраженной в таблице 3.

Представленная форма может быть использована специалистами организаций или районных управлений сельского хозяйства и продовольствия для осуществления прогнозирования потребности в энергетической мощности и, следовательно, в трудовых ресурсах организации и региона.

Кроме того, ее можно положить в основу при создании программы, предназначенной для автоматизации процесса планирования потребности в материально-технических средствах. В программе можно предусмотреть возможность выбора конкретной отрасли (культуры) и таким образом, интегрировав данную форму с документами экономистов, инженеров и агрономов, производить более детальное планирование затрат и себестоимости продукции.

Применение такого подхода позволит, в конечном счете, определить необходимое количество лошадиных сил на 1 условный эталонный га всей выполняемой работы, то есть необходимую для оптимальных

сроков проведения агротехнических мероприятий энергообеспеченность.

После определения потребности в энергетической мощности для выполнения работ в оптимальные сроки необходимо установить систему организации труда (количество рабочих смен) в зависимости от наличия в организации трудовых ресурсов, их качественного состава, а также возможности их привлечения. Данную работу, по нашему мнению, должны осуществлять исключительно специалисты конкретной организации.

Алгоритм проведения методики оценки потребности сельхозорганизаций в технике с учетом специфики природных условий представлен на рисунке 1.

Применить предложенную методику можно и при определении необходимого количества лошадиных сил по конкретным выращиваемым культурам в рамках отдельных организаций.

Так, например, общим элементом системы производства в обеих анализируемых организациях является выращивание кукурузы на силос, площадь посевов которой в организациях № 1 и № 2 составляет соответственно 300 и 721 га.

Нахождение необходимой энергообеспеченности для выполнения всех технологических операций по производству кукурузы в оптимальные агротехнические сроки необходимо осуществлять, используя этапы 1-4 изложенной выше методики.

Однако предварительно специалистам организаций следует установить, во-первых, технологический регламент производства продукции. В данном примере выращивание кукурузы на силос в обеих организациях предполагает внесение органических удобрений, вспашку, боронование и культивацию почвы, посев, внесение минеральных удобрений, химическую прополку и уборку урожая. Во-вторых, определить составы машинно-тракторных агрегатов для выполнения каждой операции. Данные о составе МТА и их средней часовой производительности представлены в таблице 4.

Оптимальные сроки внесения органических удобрений практически совпадают со сроками вспашки, т. е. 49 дней и 63 дня соответственно для организаций № 1 и № 2, хотя очевидно, что фактически они будут меньше

Таблица 3. Итоговая примерная форма отражения информации о количестве необходимых лошадиных сил для проведения агротехнических мероприятий в оптимальные сроки

		Дни периода								ИТОГО: потребность в лошадиных силах по технологическим операциям
		1	2	3	4	5	6	7	...	
Агротехнические мероприятия	1) подъем зяби									
	2) культивирование									
	3) боронование									
	4) внесение жидкого навоза под будущий урожай озимой пшеницы									
	5) уборка камней									
	6) посев озимой пшеницы									
	7) ...									
ИТОГО: потребность в лошадиных силах по дням										

Примечание. Разработано на основе собственных исследований

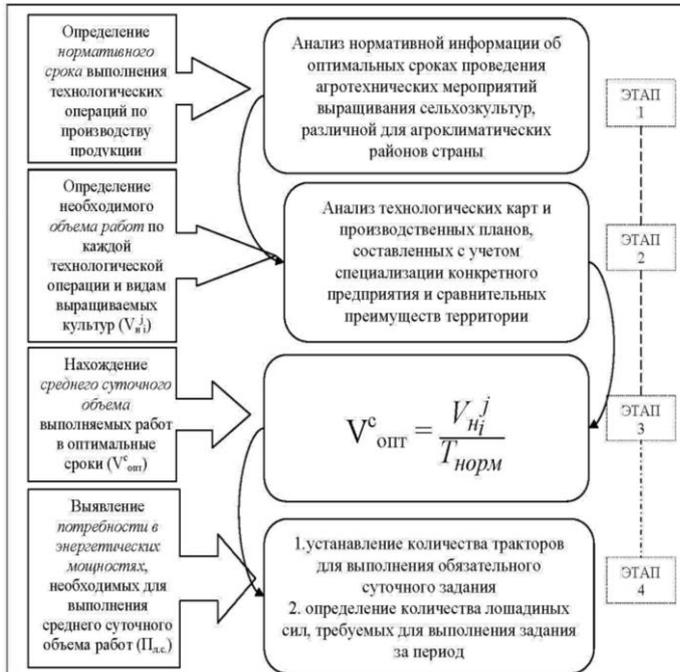


Рис. 1. Алгоритм методики оценки потребности сельхозорганизаций в технике с учетом специфики природных условий

Таблица 4. Примерный состав МТА для выполнения технологических операций по производству кукурузы на силос и их часовая производительность

Технологические операции	Состав машинно-тракторных агрегатов	Часовая производительность МТА, га
Внесение органических удобрений	АМКОДОР 342С4 + БЕЛАРУС-3022 + МТУ-24	8
Вспашка	БЕЛАРУС-3022 + ПО-(6+4)-40/45	3,6
Боронование и культивация	БЕЛАРУС-3522 + АГМ-6	7,2
Посев	БЕЛАРУС-1221 + С-9	3
Внесение минеральных удобрений	БЕЛАРУС-1221 + РШУ-18	20
Химическая прополка	БЕЛАРУС-1221 + РШУ-18	20
Уборка урожая	ПАЛЕССЕ FS 60 + БЕЛАРУС-3022+ ПСС-25	10

Примечание. Разработано на основе данных НПЦ по механизации сельского хозяйства НАН Беларуси [3], ОАО "Управляющая компания холдинга "Бобруйск-агромаш" [4], ОАО "Гомсельмаш" – управляющая компания холдинга" [2]

(условно 6 дней). Объем работ равен 300 га для Верхнедвинского хозяйства и 720 га – для Житковичского. Следовательно, средний суточный необходимый объем выполняемых работ в оптимальные сроки ($V^c_{опт}$) равен для организаций 50 га и 120 га.

Потребность в энергетических мощностях, необходимых для выполнения среднего суточного объема выполняемых работ (внесение органических удобрений) равна:

$K_T 1 = 50 \text{ га} / (8 \text{ т/га} \times 12 \text{ часов}) = 0,52$ – количество необходимых тракторов для внесения органических удобрений в организации № 1 на площади 50 га в сутки;

$K_T 2 = 120 \text{ га} / (8 \text{ т/га} \times 12 \text{ часов}) = 1,25$ – количество необходимых тракторов для внесения органических удобрений в организации № 2 на площади 120 га в сутки;

$П_{л.с} 1 = (0,52 \times 300) + 155 = 314 \text{ л. с.}$ – потребность в энергетической мощности тракторов для внесения удобрений в сутки в организации № 1;

$П_{л.с} 2 = (1,25 \times 300) + 155 = 530 \text{ л. с.}$ – потребность в энергетической мощности тракторов для внесения удобрений в сутки в организации № 2;

155 л. с. – энергетическая мощность погрузчика АМКОДОР 342С4;

$314 \times 6 = 1884 \text{ л. с.}$ – потребность в лошадиных силах тракторов за весь период выполнения данной технологической операции (6 дней) в организации Верхнедвинского района;

$530 \times 6 = 3180 \text{ л. с.}$ – потребность в лошадиных силах тракторов за весь период выполнения данной технологической операции (6 дней) в организации Житковичского района.

Аналогичным образом были получены значения потребности в лошадиных силах для выполнения и других технологических операций (табл. 5).

Таблица 5. Потребность в энергетической мощности для производства кукурузы на силос в организациях № 1 и № 2, л. с.

Технологические операции	Организация № 1 (Верхнедвинский район)	Организация № 2 (Житковичский район)
Внесение органических удобрений	1884	3180
Вспашка	2808	6750
Боронование и культивация	999	960
Посев	1000,8	2387,25
Внесение минеральных удобрений	360	840
Химическая прополка	360	840
Уборка урожая	882	1164
Общая потребность в энергетической мощности	8293,8	16121,25
Необходимая для производства в оптимальные сроки энергообеспеченность (в расчете на 100 га посевов кукурузы)	2764,6	2239,1

Примечание. Разработано на основе собственных исследований

Проведенные расчеты с применением предложенной методики показывают, что необходимая для выполнения технологий по производству кукурузы в оптимальные сроки энергообеспеченность должна быть выше в организации № 1 (Верхнедвинский район) на 23,5 %, что обусловлено нахождением ее в Северной агроклиматической зоне территории Беларуси.

Заключение

1. Предложена методика расчета потребности в сельскохозяйственной технике с учетом специфики природных и производственных факторов, структуры земельных угодий и посевных площадей применительно к сельхозорганизациям, находящимся в различных (северных и южных) агроклиматических зонах.

2. Результаты исследований предназначены для руководителей и специалистов сельхозорганизаций и органов управления АПК, сотрудников научных учреждений и преподавателей вузов аграрного профиля, аспирантов и магистрантов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь (2013–2016

гг.) / И.М. Богдевич [и др.]; Институт почвоведения и агрохимии. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 274 с.

2. Кормоуборочный комбайн ПАЛЕССЕ FS 8060 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gomselmash.by/produktsiya/kormouborochnyye-kombainy/kvk-8060-palesse-fs8060.html/>. – Дата доступа: 05.05.2018.

3. Пневматическая сеялка С-9 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://belagromech.by/research/hardware/crops/sejalka-pnevmaticheskaya-s-9/>. – Дата доступа: 05.05.2018.

4. Погрузчик АМКОДОР 342С4 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://amkodor.by/catalog/dorozhno_stroitelnyy/pogruzchiki_universalnye/amkodor_342s4/. – Дата доступа: 05.05.2018.

5. Справочник нормативов трудовых и материальных затрат для ведения сельскохозяйственного производства: в 2-х томах, 3-е изд., перераб. и доп. / Под ред. академика В.Г. Гусакова; сост. Я.Н. Бречко, М.Е. Сумонов. – Минск: Институт экономики НАН Беларуси. – Центр аграрной экономики, 2006. – Т.2. – 336 с.

6. Электронная база данных годовых отчетов сельскохозяйственных организаций УП «ГИВЦ Минсельхозпрода» за 2016 г.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 27.06.2018

Счетчик газа ультразвуковой СГУ001 типоразмеров G16-G25

Предназначены для измерения объемного расхода горючего газа по ГОСТ 5542-87 или паров сжиженного углеводородного газа по ГОСТ 20448-90 с приведением измеренного объема газа к нормальным условиям, т.е. к температуре газа 20 °С и плотности 0,72 кг/м³ с отображением информации об объеме израсходованного газа на табло счетчика с возможностью передачи информации в централизованную систему учета.



Основные технические данные

Рабочий диапазон температур, °С	от - 30 до + 50
Рабочий диапазон расхода газа, м ³ /час	от 0,16 до 40
Основная относительная погрешность, не более, %	± 3
Порог чувствительности, не более, м ³ /час	0,05
Наибольшее избыточное рабочее давление газа, кПа	100
Число разрядов индикаторного табло счетчика	8
Дополнительная относительная погрешность при изменении температуры окружающей среды от – 30 до +50 °С, не более	0,01% на 1 °С

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ПРОБЛЕМЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ МОЛОЧНОГО СКОТОВОДСТВА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Н.С. Яковчик,

директор ИПК и ПК АПК БГАТУ, докт. с.-х. наук, докт. экон. наук, профессор

С.Л. Кулагин,

председатель Горецкого райисполкома Могилевской области

А.Э. Шибeko,

доцент каф. инновационного развития АПК ИПК и ПК АПК БГАТУ, канд. экон. наук, доцент

Н.Н. Быков,

доцент каф. инновационного развития АПК ИПК и ПК АПК БГАТУ, канд. техн. наук

О.А. Карабань,

ст. преподаватель каф. экономики и организации предприятий АПК БГАТУ, магистр экон. наук

В статье дана оценка экономической эффективности производства молока, изложены основные проблемы инновационного развития и выявлены резервы повышения экономической эффективности развития молочной отрасли.

Ключевые слова: молочное скотоводство, инновационное развитие, производительность труда, себестоимость, цена реализации, рентабельность, конкурентоспособность, резервы эффективности.

The article assesses the economic efficiency of milk production, outlines the main problems of innovative development and identifies the reserves for increasing the economic efficiency of the development of the dairy industry.

Keywords: dairy cattle breeding, innovative development, labor productivity, prime cost, selling price, profitability, competitiveness, and efficiency reserves.

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. Несмотря на достигнутые результаты и положительную динамику, в развитии молочной отрасли в сельскохозяйственных организациях имеются проблемы и значительные резервы повышения экономической эффективности производства молока.

Цель данной работы – дать оценку экономической эффективности инновационного развития молочного скотоводства в сельскохозяйственных организациях Беларуси, раскрыть проблемы и выявить резервы повышения экономической эффективности производства молока.

Основная часть

В Республике Беларусь молочным скотоводством занимаются практически все крупнотоварные сельскохозяйственные организации. Производство молока в большинстве из них определяет специализацию производства, является основным источником поступления

финансовых средств и определяет уровень экономического развития. На интенсификацию отрасли и ее развитие направляется 26 % материально-денежных средств, вкладываемых в развитие аграрного сектора, расходуется 43 % скармливаемых кормов и используется 22 % трудовых ресурсов, занятых в сельскохозяйственном производстве. От реализации молока сельхозорганизации республики ежегодно получают почти 36 % выручки и 70 % общей суммы прибыли.

По производству молока на душу населения среди стран СНГ Беларусь традиционно лидирует и занимает первое место (табл. 1) [1].

В мировом рейтинге ведущих экспортеров молочной продукции республика занимает третью позицию по экспорту сливочного масла и сухой молочной сыворотки, четвертую – по экспорту сыра и творога, пятое место – по сухому обезжиренному и цельному молоку (табл. 2)

Молочная продукция – ключевая статья экспортных доходов государства. В 2017 году объем белорусского молочного экспорта составил 2 млрд долларов США, или 41 % экспортной выручки от реализации продовольствия и сельхозпродукции. Молочная продукция экспортировалась в 44 страны мира. Обеспечивая конкурентоспособность, предприятия молочной промышленности проводят постоянную работу по сертификации систем качества продукции: 8 орга-

Таблица 1. Производство молока на душу населения в странах СНГ в 2010-2017 гг., кг

Страны	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Азербайджан	172	176	185	193	197	202	209	...
Армения	197	199	204	217	232	242	252	254
Беларусь	698	686	715	701	707	743	751	771
Казахстан	330	316	289	289	293	295	300	303
Кыргызстан	262	258	258	258	262	260	262	...
Молдова	166	157	147	148	148	146	142	137
Российская Федерация	223	221	222	213	211	210	210	212
Таджикистан	88	90	99	103	104	105	106	108
Узбекистан	216	231	246	261	274	288	305	311
Украина	245	243	250	253	259	248	243	243

Таблица 2. Рейтинг Республики Беларусь в мировом экспорте молочных продуктов в 2017 г., тыс. т [2]

Масло			Сыры и творог		
1	Новая Зеландия	434	1	ЕС-28	830
2	ЕС-28	175	2	Новая Зеландия	343
3	Беларусь	72	3	США	343
4	США	33	4	Беларусь	189
5	Украина	25	5	Австралия	172
Сухое обезжиренное молоко			Сухое цельное молоко		
1	ЕС-28	779	1	Новая Зеландия	1343
2	США	608	2	ЕС-28	393
3	Новая Зеландия	402	3	Уругвай	98
4	Австралия	158	4	Аргентина	71
5	Беларусь	109	5	Беларусь	29

низаций получили сертификаты Европейского Союза на поставку молочной продукции в страны ЕС, 36 молокоперерабатывающих предприятий имеют сертификаты на право поставки на китайский рынок, 17 – аттестованы по сертификатам «Халяль».

Приоритет в экспорте молочной продукции, безусловно, сохранится в ближайшей и долгосрочной перспективе.

На 1 января 2018 года в сельскохозяйственных организациях всех категорий хозяйств республики численность поголовья крупного рогатого скота составила 4,4 млн голов, в том числе 1,5 млн голов коров [1].

За последние годы, в результате реализации государственных и отраслевых программ по развитию молочного скотоводства, в сельскохозяйственных организациях проделана значительная работа по модернизации молочной отрасли и переводу ее на инновационный путь развития. Реконструированы 1243 и введены в эксплуатацию 420 новых молочно-товарных комплексов с промышленной технологией производства молока, оборудованные доильными залами отечественного производства и мировых брендов-производителей – «Гомельагрокомплект», «Де Лаваль», «Вестфалия» и др.

Благодаря внедрению инновационных технологий в молочной отрасли, повышаются производственно-экономические показатели, о чем свидетельствуют данные табл. 3.

Молочное скотоводство, развиваясь на основе возрастающих сложившихся ресурсов в интенсификацию, обеспечило существенный прирост продукции и рост показателей экономической эффективности. В 2017 году в сельскохозяйственных организациях си-

стемы Минсельхозпрода произведено 5,3 млн тонн молока, а в хозяйствах всех категорий – 7,3 млн тонн.

Внедрение промышленных технологий в молочном скотоводстве позволило обеспечить более 60 % производства молока на промышленной основе и повысить его качество. На перерабатывающие предприятия республики сельскохозяйственные организации реализовали молока сорта «Экстра» – 52 %, высшего сорта – 42 %.

Впервые в сельскохозяйственных организациях Минсельхозпрода надоено на 1 корову 4914 кг молока. Пятидесятилетний рубеж продуктивности дойного стада превышен в 507 сельхозорганизациях и 49 административных районах. В четырех сельхозорганизациях республики надои на корову превысили 10 тонн молока [5].

В крупнотоварных сельхозорганизациях, полностью освоивших промышленные технологии производства молока, при строгом соблюдении технологических регламентов, обеспечивается производство конкурентоспособной продукции и достигается высокая экономическая эффективность развития молочной отрасли. Об этом убедительно свидетельствуют производственно-экономические показатели передовых крупнотоварных сельхозорганизаций, приведенные в табл. 4.

Анализ производственно-экономических показателей производства молока в ОАО «Гастелловское» и ОАО филиала «Фалько-агро» АК «Дзержинский» показывает, что все они практически в 2-3 раза превышают средне-республиканский уровень и свидетельствуют о высокой эффективности работы управленческого персонала по организации менеджмента в молочной отрасли.

Таблица 3. Динамика производственно-экономических показателей производства молока в сельскохозяйственных организациях Минсельхозпрода Республики Беларусь

Показатели	Ед. изм.	Год					2017 г. в % к	
		2013	2014	2015	2016	2017	2013 г.	2016 г.
Среднегодовое поголовье коров	тыс. гол.	1091	1076	1081	1068	1073	98,4	100,5
Среднегодовой надой молока на корову	кг	4507	4424	4657	4737	4914	109,0	103,7
Производство молока	тыс. т	4916	4760	5032	5058	5273	107,3	104,3
Производство молока на 1 балло-гектар сельхозугодий (норматив 45)	кг	28	29	30	31	32	4	1
Реализовано молока	тыс. т	4365	4344	4606	4681	4930	112,9	105,3
Товарность молока	%	90,1	90,4	90,3	90,4	90,4	+0,3 п. п	-
Жирность молока	%	3,36	3,65	3,67	3,69	3,72	+0,36 п. п	+0,03 п. п
Затраты на 1 голову	тыс. руб.	13593	16707	18779	19857	22902	168,5	115,3
Затраты кормов на 1 т молока	т.к. ед.	1,24	1,21	1,13	1,11	1,10	88,7	99,1
Себестоимость 1 т молока	тыс. руб.	264	331	353	366	408	154,5	111,5
Средняя цена реализации 1 т молока	тыс. руб.	309	428	435	468	552	178,6	117,9
Рентабельность производства	%	9,2	19,2	14,9	18,7	28,4	19,2	-9,7 п. п
Рентабельность продаж	%	14,6	16,1	15,6	15,8	22,1	7,5	+6,3 п. п

Примечание. Составлена авторами на основе данных сводных годовых отчетов сельскохозяйственных организаций Минсельхозпрода за 2013-2017 гг.

Таблица 4. Производственно-экономические показатели развития молочного скотоводства в крупнотоварных сельхозорганизациях Минской области

Показатели	Ед. изм.	ОАО «Гастелловское» Минского района			2017 г. в % к 2015 г.	Филиал «Фалько-Агро» ОАО АК «Дзержинский» Дзержинского района			2017 г. в % к 2015 г.
		2015	2016	2017		2015	2016	2017	
Среднегодовое поголовье КРС – всего	гол.	4398	4518	4617	105	4186	4674	5090	122
в т.ч. коров	гол.	1558	1613	1630	105	1532	1594	1689	110
Плотность поголовья КРС на 100 га с.-х. угодий	гол.	131	135	138	105	80	89	98	123
в т.ч. коров	гол.	46	48	49	107	29	30	32	110
Среднегодовой удой молока от 1 коровы	кг	8326	8586	8796	106	8166	8452	9368	115
Произведено молока	т	12972	13850	14338	111	12511	13473	15823	126
Производство молока на 1 балло-гектар угодий (норматив 45)	кг	86	92	107	124	64	69	79	123
Продано молока государству	т	12178	12399	13379	110	11041	12875	14189	129
Продано молока сорта «Экстра»	%	97,4	98,5	98,7	+0,2 п.п.	96,7	97,9	98,2	+0,3 п.п.
Товарность молока	%	91,5	90,7	90,3	-1,2 п.п.	89,6	91,9	92,5	+2,9 п.п.
Жирность молока	%	3,69	3,55	3,72	+0,03 п.п.	3,55	3,74	3,49	-0,06 п.п.
Расход кормов на 1 т молока	т.к. ед.	0,72	0,72	0,75	104	0,69	0,67	0,61	88
Удельный вес концентратов по питательности в структуре рациона	%	42,4	43,6	46,7	4,3	57,7	48,4	53,0	-4,7
Себестоимость 1 т молока	руб.	372	358	348	94	283	394	421	149
Средняя цена реализации 1 т молока	руб.	463	484	610	132	415	493	645	155
Прибыль от реализации молока	тыс. руб.	892	1228	3286	3,7 раза	1117	1119	2586	2,3 раза
Получено прибыли на 1 корову	руб.	573	761	2016	3,5 раза	729	702	1531	2,1 раза
Рентабельность производства молока	%	18,5	24,8	67,4	+48,9 п.п.	32,2	21,4	39,4	+7,2 п.п.
Рентабельность продаж	%	15,8	20,4	40,3	+24,5 п.п.	24,3	17,6	28,2	+3,9 п.п.

Примечание. Составлена авторами на основе данных годовых отчетов сельхозорганизаций за 2015-2017 гг.

По оценкам авторов, достигнутые результаты в развитии молочного скотоводства в ОАО «Гастелловское», филиале «Фалько-Агро» АК «Дзержинский» и других передовых сельхозорганизациях республики являются перспективными ориентирами развития молочной отрасли. Внедрение новейших технологий на

молочно-товарных комплексах при строгом соблюдении технологических регламентов, с наличием стад высокопродуктивных коров, позволило этим сельхозорганизациям выйти на нормативные затраты кормов и труда на тонну молока, обеспечить производство конкурентоспособной продукции, высокую рентабельность и

массу прибыли – главных экономических показателей эффективности развития молочной отрасли.

Несмотря на положительные тенденции развития молочного скотоводства, в сельхозорганизациях, построивших новые молочно-товарные комплексы, в 2017 году в 175 из них (42 % к построенным) по различным причинам не достигнута среднереспубликанская продуктивность дойного стада.

Изучение состояния развития молочного скотоводства в сельскохозяйственных организациях республики позволяет заключить, что основными причинами, не позволившими отдельным молочно-товарным комплексам выйти в нормативные сроки на заданные технологические параметры, являются:

- недостаток высокопродуктивного поголовья скота для комплектования молочно-товарных комплексов;
- неполное соблюдение технологических регламентов;
- дефицит зооветспециалистов и специалистов рабочих профессий;
- недостаточный уровень профессиональной подготовки обслуживающего персонала;

- невысокая продуктивность дойного стада;
- несбалансированность кормовых рационов по питательным веществам, особенно по белку и обменной энергии, что подтверждается данными табл. 5;
- низкая платежеспособность сельскохозяйственных организаций;
- высокий процент непроизводительного выбытия коров из основного стада [3].

В 2017 году в сельхозорганизациях республики по разным причинам из основного стада выбыло около пятисот тысяч коров или 35 % к их наличию, а продуктивное долголетие коров составляет только 2,8 лактации.

По данным племенной службы Республики Беларусь, основными причинами высокого непроизводительного выбытия коров из основного стада являются:

- заболевания органов воспроизводства – 24 %;
- низкая продуктивность – 20 %;
- заболевания вымени – 17 %;
- заболевания конечностей – 15 %.

Несмотря на достигнутые результаты в развитии молочной отрасли сельхозорганизаций республики, имеются и значительные резервы повышения экономической эффективности производства молока (табл. 6).

Таблица 5. Взаимосвязь концентрации обменной энергии в травяных кормах и молочной продуктивности коров в некоторых сельхозорганизациях Республики Беларусь

Наименование области, района	Наименование сельхозорганизаций	Продуктивность дойного стада за 2017 год, кг	Содержание обменной энергии в 1 кг сухого вещества, МДж
Витебская область, Поставский район	ОАО «Знамя Победы-Агро»	2915	силос – 8,73 силос – 9,30
Витебская область, Лепельский район	ГП «Лепельчанка»	2977	силос – 9,30
Витебская область, Толочинский район	ОАО «Обольцы»	2628	силос – 9,27
Минская область, Борисовский район	ОАО «Корсаковичский»	3303	сенаж – 8,79 сенаж – 8,96
Минская область, Пуховичский район	ОАО «Шацк»	2578	сенаж – 8,83
Могилевская область, Могилевский район	ГП «Борок – Агро»	2880	сенаж – 8,38 сенаж – 8,41
Могилевская область, Бобруйский район	ОАО «Невский – Агро»	3050	сенаж – 8,50 сенаж – 8,76

Примечание. Составлена авторами на основе данных годовых отчетов сельхозорганизаций за 2017 год.

Таблица 6. Резервы получения дополнительной выручки от реализации молока сельхозорганизациями Минсельхозпрода Республики Беларусь в 2017 году, млн долларов США

Область	Всего выручки	В том числе за счет					
		Повышения качества (сорт «Экстра», высший сорт)	Перерасхода кормов	Повышения продуктивности дойного стада до среднереспубликанского уровня	Низкого выхода телят	Перерасхода молока на выпойку	Низкой товарности молока
Брестская	72	17	3	22	11	8	11
Витебская	231	7	11	192	6	5	10
Гомельская	159	7	11	114	10	7	10
Гродненская	157	14	1	116	9	7	10
Минская	216	33	8	136	12	11	16
Могилевская	207	4	9	180	3	4	7
Республика Беларусь	1042	82	43	760	51	42	64

Примечание. Составлена авторами на основании данных сводных годовых отчетов сельхозорганизаций Минсельхозпрода за 2017 год.

Выполненные расчеты свидетельствуют о том, что в 2017 году можно было бы дополнительно получить только за счет повышения качества молока, снижения расхода кормов на единицу продукции, увеличения выхода телят от коров, перерасхода молока на выпойку, повышения товарности, повышения продуктивности дойного стада до среднереспубликанского уровня 1042 млн долларов США выручки.

Исходя из вышеизложенных проблем, основными факторами повышения экономической эффективности развития молочной отрасли в сельхозорганизациях республики являются:

- совершенствование генетического потенциала животных, способных на каждые 100 кг живой массы получать не менее 1500 кг молока при затратах корма 0,7-0,8 к. ед. на килограмм продукции;
- повышение продуктивности дойного стада;
- повышение качества реализуемого молока;
- строгое соблюдение технологических регламентов на всех стадиях заготовки и использования кормов, соответствующих физиологии животных;
- создание комфортных условий для содержания животных и получения максимальной продуктивности;
- подготовка и переподготовка кадров, способных работать с отраслевыми технологическими регламентами, обеспечивающими нормативную окупаемость затрат на производство молока.

В настоящее время из-за неотрегулированных экономических взаимоотношений сельские товаропроизводители находятся в наименее выгодном положении в схеме распределения прибыли в АПК. В структуре анализируемой цепи среднеотраслевых затрат производство сырья, в зависимости от его

видов, в большинстве случаев составляет 60-65 %, переработка – 20-25 % и торговля – 10-15 %, а в выручке же от реализации конечной продукции – соответственно 25-30 %, 50-55 % и 20-25 % [4]. Это является следствием организационной и финансовой разобщенности субъектов АПК и торговли, отсутствия в их взаимоотношениях принципов делового партнерства. Некоторые субъекты хозяйствования преследуют лишь узковедомственные цели, зачастую в ущерб друг другу.

Существенно улучшить сложившуюся ситуацию административными методами не представляется возможным. Необходимы экономические механизмы, стимулирующие создание интегрированных структур, объединяющих экономические интересы производителей сырья, обслуживающие, перерабатывающие и торговые организации, с проведением единой технологической политики, нацеленной на повышение конкурентоспособности производимой продукции путем снижения затрат на всех стадиях и получения максимальной прибыли от ее реализации.

По мнению авторов, критериями оценки экономической эффективности менеджмента в молочном скотоводстве сельхозорганизаций могут быть показатели, приведенные в табл. 7.

Практическая реализация вышеназванных проблем и резервов повышения экономической эффективности производства молока позволит сельским товаропроизводителям поднять молочную отрасль на более высокий качественный уровень развития, усилить ее инновационную направленность, обеспечить работу в режиме самофинансирования и повысить уровень конкурентоспособности продукции.

Таблица 7. Критерии оценки экономической эффективности менеджмента в молочном скотоводстве сельскохозяйственной организации

Показатели	Ед. изм.	Оценка эффективности менеджмента	
		Отлично	Неудовлетворительно
Поголовье КРС на 100 га сельхозугодий	гол.	свыше 100	менее 100
в т. ч. коров	гол.	свыше 25	менее 25
Среднегодовой удой молока от 1 коровы	кг	свыше 7000	менее 7000
Производство молока на 1 балло-гектар сельхозугодий (норматив 45)	кг	свыше 45	менее 45
Ввод первотелок в основное стадо	%	25	35
Межотельный период, дней	дней	390	425
Падеж телят, включая мертворожденных	%	6	11
Первотелки, выбракованные после 1-й лактации	%	10	15
Средний возраст первого отела	мес.	24	26
Телки, пригодные для воспроизводства от родившихся телят	%	45	38
Расход кормов на производство 1т молока (норматив 0,7-0,8)	т. к. ед.	0,7-1,0	Свыше 1,0
Затраты труда на производство 1т молока	чел. ч	до 15	Свыше 15
Жирность молока	%	не менее 3,6	менее 3,6
Удельный вес сорта «Экстра» в общем объеме реализованного молока	%	90-95	менее 80
Товарность молока	%	свыше 90	менее 90
Рентабельность производства молока	%	не менее 40	менее 40
Рентабельность продаж	%	не менее 30	менее 20

Примечание. Составлена авторами с учетом целевых параметров государственных программ развития молочной отрасли и результатов собственных исследований.

Заключение

Выполненное исследование позволяет сделать следующие выводы и предложения.

Несмотря на достигнутые результаты и положительную динамику развития молочного скотоводства, некоторые сельскохозяйственные организации республики имеют проблемы и в то же время значительные резервы повышения экономической эффективности производства молока.

Основными проблемами, сдерживающими инновационное развитие молочной отрасли, являются:

- недостаток высокопродуктивного поголовья скота для комплектования молочно-товарных комплексов;
- невысокая продуктивность дойного стада;
- несбалансированность кормовых рационов по питательным веществам и, особенно, по белку и обменной энергии;
- высокий процент непроизводительного выбытия коров из основного стада;
- неполное соблюдение технологических регламентов;
- дефицит зооветспециалистов, обслуживающего персонала и недостаточный уровень их профессиональной подготовки;
- низкая платежеспособность сельскохозяйственных организаций.

Несмотря на имеющиеся проблемы, которые требуют неотложного решения, в развитии молочного скотоводства имеются значительные резервы повышения экономической эффективности производства молока. Важнейшие из них:

- повышение продуктивности дойного стада до среднереспубликанского уровня;

- повышение качества реализованного молока;
- рост товарности молока;
- увеличение выхода телят от коров;
- недопущение перерасхода кормов;
- снижение расхода молока на выпойку телятам.

Выполненные расчеты показывают, что в целом по сельхозорганизациям республики за счет вышеуказанных резервов можно дополнительно получить выручки на 1042 млн долларов США. Это позволит значительно повысить экономическую эффективность производства молока и увеличить экспортный потенциал молочной отрасли.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беларусь в цифрах: стат. справ. / Нац. Стат. комитет Республики Беларусь; редкол.: И.В. Медведя [и др.]. – Минск, 2018. – 234 с.
2. Рейтинг сельхозорганизаций и районов по молочной продуктивности за 2017 год // Белорусское сельское хозяйство. – 2018. – № 2.
3. Экономическая оценка современного состояния и развития молочного скотоводства Республики Беларусь / А.В. Горбатовский [и др.] // Аграрная экономика. – 2015. – № 1. – С. 42-50.
4. Мясникович, М. В. Эволюционные трансформации экономики Беларуси / М.В. Мясникович. – Минск: Беларуская навука, 2016. – 321 с.
5. Белорусско-российские молочные горки // Белорусское сельское хозяйство. – 2018. – № 5.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 11.06.2018

Агрегат для безотвальной обработки тяжелых почв АБТ-4

Предназначен для безотвальной обработки тяжелых почв на глубину до 35 см, луцения жнивья, обработку почвы на зябь после уборки кукурузы, свеклы и картофеля, мульчирования, выравнивания и прикатывания поверхности поля, а также для подготовки окультуренных почв за 2 прохода под посев озимых зерновых, пожнивных и поукосных культур.

Зона применения – обработка тяжелых суглинистых полей



**ПЕРЕЧЕНЬ СТАТЕЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В ЖУРНАЛЕ
«АГРОПАНОРАМА» В 2018 ГОДУ**

№ 1/2018

В.П. ЧЕБОТАРЕВ	Теоретическое исследование процесса сушки неподвижного слоя зерна
И.Н. ШИЛО, В.М. ПОЗДНЯКОВ, С.А. ЗЕЛЕНКО, Я.Э. ПИЛЮК	Применение вибропневматического оборудования для предпосевной подготовки семян рапса
М.А. ПРИЩЕПОВ, В.М. ЗБРОДЫГА, А.И. ЗЕЛЕНЬКЕВИЧ	Работа трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» при нелинейном характере нагрузки
А.А. МАЖЕЙ, А.А. РАКИЦКИЙ	Контроль расхода топлива при эксплуатации автотракторной техники
М.А. ПРИЩЕПОВ, Д.М. ИВАНОВ, Е.М. ПРИЩЕПОВА	Методика расчета мощности приводного и тормозного асинхронных двигателей при частотном регулировании скорости в обкаточно-испытательных стендах механических передач
Д.А. ЖДАНКО, В.Я. ТИМОШЕНКО, А.В. НОВИКОВ, Д.И. СУШКО, Д.С. ВЕРБИЦКИЙ	Оценка технического состояния агрегатов объемного гидравлического привода в эксплуатационных условиях
С.Б. БОНДАРЬ	Методика оценки результатов трансформации сельских малых субъектов хозяйствования
Н.Л. РАКОВА, Т.В. БОЙКО	Использование современных технологий в образовательном процессе на кафедре теоретической механики и теории механизмов и машин БГАТУ

№ 2/2018

И.Н. ШИЛО, Н.Н. РОМАНЮК, А.Н. ОРДА, В.А. ШКЛЯРЕВИЧ, А.С. ВОРОБЕЙ	Обоснование закономерностей деформирования почв различных агрофонов под воздействием колес
И.И. СКОРЬ, А.М. ВОЛК	Реологические характеристики и другие свойства жидкого навоза при его накоплении, хранении и удалении из каналов гидравлических систем
В.Я. ТИМОШЕНКО, П.Н. ЛОГВИНОВИЧ, Г.И. КОШЛЯ	Демпфирование колебаний жидкости в цистерне применением подвижных перегородок с упругими элементами
И.А. ШЕВЧЕНКО, В.И. ХАРИТОНОВ, Э.Б. АЛИЕВ	Результаты производственных испытаний опытно-экспериментального образца машины для приготовления навозо-компостных смесей
И.М. ШВЕД, В.И. ПЕРЕДНЯ, А.В. КИТУН	Определение скорости движения жидкого навоза при перемешивании его в навозохранилищах
А.М. МАЗУР	Исследование процесса водопотребления при замачивании ржи в производстве солода
Ю.Д. КАРПИЕВИЧ, И.И. БОНДАРЕНКО	Расчет экономического эффекта от использования микропроцессорной системы бортового диагностирования степени износа фрикционных дисков гидроподжимных муфт коробок передач колесных и гусеничных машин
В.Г. АНДРУШ, А.К. ЕВТУХ	Оценка уровня шума при стендовой обкатке автотракторных двигателей

Н.К. ТОЛОЧКО, В.М. СИНЕЛЬНИКОВ, О.В. СОКОЛ, П.С. ЧУГАЕВ, Т.А. БОГДАНОВИЧ	Методологические аспекты оценки целесообразности применения аддитивных технологий для изготовления запасных деталей машин
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

№ 3/2018

Н.О. ПЕТРОЧЕНКО, А.С. МЕЗГА, С.Р. БЕЛЫЙ, Г.А. РАДИШЕВСКИЙ	Анализ закономерностей изменения скоростей резания режущих аппаратов зерноуборочных комбайнов
И.А. ОСАДЧИЙ, В.И. КАРДАКОВ, А.Н. ВЫРСКИЙ, А.С. ПУСЕВ, Л.В. ВЕППЕР	Методика диагностики соломотряса зерноуборочного комбайна в процессе его доводки
Е.В. ХОДАРЕНОК, А.А. КУРЕПИН	Биологический консервант «Биоплант» при силосовании злаково-бобовых трав
О.В. БОНДАРЧУК, И.И. ГУРГЕНИДЗЕ, В.А. ПАШИНСКИЙ	Применение установки для интенсификации процесса производства солода на пивоваренном предприятии
В.А. КОЛОС, Ю.Н. САПЬЯН, В.В. МИХЕЕВ, В.Б. ЛОВКИС	Повышение энергоэффективности выращивания биомассы для переработки в биотопливо
Ю.И. ТОМКУНАС, А.А. ГОНЧАРКО, В.Н. КЕЦКО, Т.М. ЧУМАК, Ю.Н. РОГАЛЬСКАЯ, Д.С. КОНОНОВИЧ	Машиноиспользование и расход топливо-смазочных материалов
И.В. КУЛАГА, Л.А. ЛОПАТНЮК	Аналитический обзор современного состояния производства продукции картофелепродуктового подкомплекса
С.А. МАТОХ	Совершенствование методологии программно-целевого регулирования социально-экономического развития сельских территорий
А.В. КИТУН, И.М. ШВЕД	Эффективность использования механического способа диспергирования жидкого навоза
В.М. КАПЦЕВИЧ, А.А. ТИУНЧИК, В.К. КОРНЕЕВА, А.Н. РЫХЛИК	Построение оптимальной структуры многослойных фильтрующих материалов для очистки моторного масла после обкатки двигателя
С.Н. БОНДАРЕВ, А.В. КИТУН, В.И. ПЕРЕДНЯ	Определение величины вакуума в присоске сосковой резины доильного аппарата

№ 4/2018

Л.М. АКУЛОВИЧ, А.А. ТИУНЧИК, О.Н. ВОРОШУХО	Интенсификация магнитно-абразивной обработки изменением угла наклона частиц ферроабразивного порошка при ориентированном резании
Н.Л. РАКОВА, А.С. ВОРОБЕЙ	Кинематический метод гашения крутильных колебаний в приводах рабочих органов машин
А.В. КУДИНА, Ю.Т. АНТОНИШИН, В.С. ИВАШКО	Биокинетика водородного изнашивания и разрушения деталей узлов трения машин и механизмов
А.В. КИТУН, Е.А. ХВОЕНОК	Организация энергосберегающих мероприятий при раздаче кормов крупному рогатому скоту
А.Н. ЛЕОНОВ, ЦИНЧЖЭНЬ ЛИ	Моделирование зависимости фактической урожайности зерновых от сроков посева и уборки
Н.Г. КОРОЛЕВИЧ, Г.И. ЯНУКОВИЧ	Методика определения ущерба сельскохозяйственных потребителей от использования некачественной электроэнергии

В.Я. ТИМОШЕНКО, Д.А. ЖДАНКО, А.В. НАГОРНЫЙ, С.Г. ДУБЕНЬ	Повышение эффективности технического обслуживания тракторов
С.К. МАТАЛЬЦКАЯ	Финансовый результат как оценочный показатель в системе сбалансированных показателей
И.Н. БЫКОВ	Состояние и перспективы развития малых форм агробизнеса в Республике Беларусь

№ 5/2018

Л.М. АКУЛОВИЧ, Л.Е. СЕРГЕЕВ, Е.В. СЕНЧУРОВ, С.С. АКОПОВА	Финишная абразивная обработка мелкозубчатых колес в магнитном поле
Н.Н. РОМАНЮК, К.В. САШКО, П.Н. ЛОГВИНОВИЧ	Способ снижения динамических нагрузок в механизме подъема груза
В.Я. ТИМОШЕНКО, П.Н. ЛОГВИНОВИЧ, А.Н. ПРОКОПЕНЯ, А.В. НАГОРНЫЙ	Методика обоснования основных параметров дискового рабочего органа колебательного типа
И.А. БАРАНОВСКИЙ, А.С. ВОРОБЕЙ	Обоснование конструктивных параметров подкапывающих рабочих органов комбайна для уборки моркови
Г.Ф. ДОБЫШ, Н.Н. БЫКОВ	Выбор пахотного агрегата
И.М. ШВЕД	Определение мощности, затрачиваемой на перемешивание жидкого навоза
В.Н. ШТЕПА, А.П. ЛЕВЧУК	Концепция управления оборудованием водоочистки с учетом доминирующего загрязнителя
Л.П. КВАЧУК	Формирование условий роста производительности труда в АПК Беларуси

№ 6/2018

П.П. КАЗАКЕВИЧ	Система машин для сельского хозяйства Союзного государства Беларуси и России: принципы и методы разработки
И.И. ГИРУЦКИЙ, В.И. ПЕРЕДНЯ, Ю.А. РАКЕВИЧ	Анализ инфракрасного изображения вымени коров
Д.А. ЯНОВСКИЙ, Н.Н. ГУРНОВИЧ, Г.Н. ПОРТЯНКО, С.Ф. ЛОЙКО	Ленточный посев мелкосемянных культур обоснованием параметров комбинированного сошника
И.М. ШВЕД	Определение времени размыва осадка в навозохранилище
И.И. ГУРГЕНИДЗЕ, О.В. БОНДАРЧУК, В.А. ПАШИНСКИЙ	Технико-экономическое обоснование проекта внедрения установки для интенсификации процесса производства солода на пивоваренном предприятии
М.А. ПРИЩЕПОВ, В.М. ЗБРОДЫГА, А.И. ЗЕЛЕНЬКЕВИЧ	Работа трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» при несимметричной нагрузке
Ю.Д. КАРПИЕВИЧ, И.И. БОНДАРЕНКО, Д.А. РУСАКЕВИЧ	Диэлектрическая проницаемость как показатель степени выработки ресурса моторного масла
Г.И. ГАНУШ, А.А. БУРАЧЕВСКИЙ	Методика расчета потребности сельхозорганизаций в технике с учетом специфики природных условий
Н.С. ЯКОВЧИК, С.Л. КУЛАГИН, А.Э. ШИБЕКО, Н.Н. БЫКОВ, О.А. КАРАБАНЬ	Оценка экономической эффективности и проблемы инновационного развития молочного скотоводства Республики Беларусь

Правила для авторов

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

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

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

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

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

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

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

4) при наборе формул необходимо следовать общепринятым правилам:

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

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

Научно-исследовательская аналитическая лаборатория НИИМЭСХ БГАТУ

Сотрудниками научно-исследовательской аналитической лаборатории (НИАЛ) разработана оригинальная методика определения содержания в кормах структурных углеводов: нейтрально-детергентной и кислотнo-детергентной клетчатки.

НИАЛ проводит испытания кормов для сельскохозяйственных животных в хозяйствах Минской области.

Также проводятся физико-химические исследования в различных областях сельского хозяйства:

- *В области животноводства:*
 - *определение содержания питательных веществ в кормах;*
 - *определение содержания в кормах структурных углеводов (НДК и КДК).*
- *В тепличном овощеводстве и растениеводстве:*
 - *физико-химическое исследование почв (весь спектр анализов, кроме анализов на присутствие радионуклидов);*
 - *анализ химического состава сельхозпродукции (растений и плодов);*
 - *определение физико-химического состава удобрений и средств защиты растений.*
- *Анализ сточных вод:*
 - *животноводческих комплексов и ферм;*
 - *перерабатывающих предприятий;*
 - *в системах мойки сельскохозяйственной техники и оборудования в ремонтном производстве.*

