



НАЦИОНАЛЬНАЯ
АКАДЕМИЯ НАУК
БЕЛАРУСИ



РУП «НПЦ НАН БЕЛАРУСИ
ПО МЕХАНИЗАЦИИ
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА»

ISSN 2222-8837

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

**МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ,
посвященной 75-летию образования
РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации
сельского хозяйства»
(Минск, 20–21 октября 2022 г.)**



Минск
2022



НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ
Республиканское унитарное предприятие
«Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси
по механизации сельского хозяйства»

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ,
ПОСВЯЩЕННОЙ 75-ЛЕТИЮ ОБРАЗОВАНИЯ
РУП «НПЦ НАН БЕЛАРУСИ
ПО МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА»
(Минск, 20–21 октября 2022 г.)

Минск
«Беларуская навука»
2022

УДК [631.171+633/635+636]:631.152.2(082)

ББК 40.7я43

НЗ4

Редакционная коллегия:

д-р техн. наук, проф., чл.-кор. НАН Беларуси П.П. Казакевич (главный редактор),
к.т.н., доц. Д.И. Комлач (зам. гл. редактора),
д.т.н., доц., академик-секретарь Отделения аграрных наук НАН Беларуси В.В. Азаренко,
к.т.н., доц. Н.Г. Бакач, д.т.н., проф. В.И. Передня,
к.т.н., доц. А.Н. Перепечаев, д.т.н., проф. Л.Я. Степук, Т.А. Карпунина

НЗ4 Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 75-летию образования РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» (Минск, 20–21 октября 2022 г.) / редкол. : П.П. Казакевич [и др.]. – Минск: Беларуская навука, 2022. – 284 с.

В сборнике представлены материалы научных исследований, результаты опытно-конструкторских и технологических работ по разработке инновационных технологий и технических средств для их реализации при производстве продукции растениеводства и животноводства. Рассмотрены вопросы технического сервиса машин и оборудования, электрификации и автоматизации, использования топливно-энергетических ресурсов, разработки и применения энергосберегающих технологий, информационно-управляющих систем.

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

УДК [631.171+633/635+636]:631.152.2(082)

ББК 40.7я43

© РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации
сельского хозяйства», 2022

© Оформление. РУП «Издательский дом
«Беларуская навука», 2022

Уважаемые друзья, коллеги!

В эти осенние дни мы проводим нашу очередную ежегодную конференцию «Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве». Первая конференция в данных стенах проходила в далеком 1956 году. А в этом году она знаменательна тем, что посвящена 75-летию образования нашей организации. В январе 1947 г. в соответствии с постановлением Совета Министров БССР от 3 августа 1946 г. № 1450 был создан Институт механизации сельского хозяйства Академии наук БССР Совета Министров БССР.

За долгие годы своего существования наше предприятие сменило немало названий, с 2006 года это Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства». Но нашей основной задачей было и остается создание на базе изучения и обобщения достижений отечественной и зарубежной науки и практики современных отечественных комплексов машин и оборудования для механизации технологических процессов сельскохозяйственного производства.

За 75-летний период сотрудниками разработаны сотни машин, которые прошли государственные испытания и внедрены в производство, проведено более тысячи исследований, результаты которых отражены в научных трудах и статьях различных конференций. Помимо научной ценности работы наших специалистов приносят и ощутимый экономический эффект: ежегодно по нашим разработкам производится и реализуется продукции на сумму более 8 млн долл. США, а производимые машины и оборудование успешно реализуются не только в республике, но и на экспорт.

Наша конференция имеет статус международной, так как в ней всегда принимали и принимают активное участие наши зарубежные коллеги.

И сегодня в сборнике статей конференции представлено порядка 50 разноплановых публикаций, отражающих результаты исследований в области производства растениеводческой и животноводческой продукции, усовершенствования рабочих органов машин и оборудования, применения в сельском хозяйстве элементов точного земледелия, автоматизации и роботизации технологических процессов и другие.

Надеюсь, что опубликованные в сборнике конференций результаты исследований найдут свое отражение и применение в технологиях и конструкциях современных машин и оборудования, будут внедрены в производство сельскохозяйственной техники и использованы на благо продовольственной безопасности страны.

Генеральный директор
РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
кандидат технических наук, доцент

Д.И. Комлач

Д.И. Комлач, к.т.н., В.Н. Дашков, д.т.н., В.О. Китиков, д.т.н.

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

75 ЛЕТ В АВАНГАРДЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Аннотация. В статье рассмотрены исторические аспекты становления агроинженерной науки в Беларуси, основные результаты исследований за 75 лет и роль ученых РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» в развитии научно-технического прогресса и создании новых конкурентоспособных технических средств для сельского хозяйства.

Ключевые слова: агроинженерная наука, история создания, научные школы, результаты работы, перспективы развития.

D.I. Komlach, V.N. Dashkov, V.O. Kitikov

*RUE "SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization"
Minsk, Republic of Belarus*

75 YEARS IN THE FOREFRONT OF SCIENTIFIC AND TECHNICAL PROGRESS IN AGRICULTURE

Abstract. The article discusses the historical aspects of the formation of agroengineering science in Belarus, the main research results for 75 years and the role of RUE "SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization" scientists in the development of scientific and technological progress and the creation of new competitive technical means for agriculture.

Keywords: agroengineering science, history of creation, scientific schools, results of work, development prospects.

Введение

Научная общественность нашей страны совсем недавно отметила знаменательную дату в истории белорусской науки – 90-летний юбилей Национальной академии наук Беларуси. Эти годы были временем становления и развития в ней многих направлений исследований, формирования авторитетных научных школ в математике, физике, химии, биологии, науке о Земле, аграрных, гуманитарных и социальных науках. Среди них достойное место заняла агроинженерная наука. Ее история неразрывно связана с созданным Постановлением Правительства СССР в структуре Академии наук Белорусской ССР 75 лет назад (1947 г.) на основе Белорусской научно-исследовательской станции механизации сельского хозяйства (основана в 1933 г. на базе созданного в 1930 г. Белорусского отделения Всесоюзного научно-исследовательского института механизации и электрификации сельского хозяйства) Белорусским научно-исследовательским институтом механизации сельского хозяйства (БелНИИМСХ). [1]

Это событие имело большое социально-экономическое значение. Только закончилась война, сельское хозяйство и промышленные предприятия, как и вся экономика, были разрушены. Жизнь требовала быстрее восстановления городов и сел, возобновления производства на промышленных предприятиях и в сельском хозяйстве. Намечались крупные преобразования в сельском хозяйстве: крупномасштабное освоение заболоченных земель, специализация и концентрация сельскохозяйственного производства, дальнейшее укрепление колхозной и совхозной систем.

Основная часть

Создание Научно-исследовательского института механизации и электрификации сельского хозяйства заложило основу проведения крупных аграрно-инженерных исследований в республике. Большая заслуга в становлении БелНИИМСХ принадлежит академику Академии наук

БССР и ВАСХНИЛ, доктору технических наук, профессору Михаилу Ефремовичу Мацепуро, возглавлявшему институт более 20 лет – с 1947 по 1967 г. [2].

Разумеется, без высококвалифицированных научных работников и необходимой лабораторной базы решать научные проблемы, связанные с восстановлением и дальнейшим развитием сельскохозяйственного производства, не представлялось возможным. Поэтому первыми шагами вновь образованного института, директором которого был назначен академик М.Е. Мацепуро, были подготовка научных кадров через аспирантуру и строительство лабораторной базы.

Отсутствие молодых специалистов с высшим агроинженерным образованием являлось сдерживающим фактором в решении кадровой проблемы. Стремительное развитие науки и техники в XX веке, бурное течение политических и социальных процессов в нашей стране выдвинули на передовые позиции талантливых людей из простого народа, стремящихся овладеть знаниями и достичь высот науки.

В 1948 году в Белорусском политехническом институте по инициативе М.Е. Мацепуро группа автомобилистов была переквалифицирована в инженеров-механизаторов. Первый выпуск специалистов состоялся в 1951 году, а уже в 1954–1956 гг. 10 человек из этой группы защитили кандидатские диссертации в новом Институте механизации и электрификации сельского хозяйства. С 1953 года обучение специалистов по механизации сельскохозяйственного производства осуществлялось уже на созданном в Белорусском политехническом институте автотракторном факультете, который впоследствии выделился в самостоятельный вуз – Белорусский институт механизации сельского хозяйства (БИМСХ), ныне БГАТУ.

Таким образом, в самые короткие сроки в республике была решена проблема подготовки как инженерных кадров для села, так и научных кадров высшей квалификации.

Отсутствие необходимой материальной базы для изготовления опытных образцов машин, а также парка тракторов и полигона для их испытаний не снизило темпов научных разработок и объема проводимых научных исследований. М.Е. Мацепуро явился инициатором создания Западной машиноиспытательной станции (ныне ГУ «Белорусская МИС»), которая первые годы входила в состав института. В начале 50-х годов был построен цех для изготовления экспериментальных машин, который впоследствии стал крупным экспериментальным заводом, выпускающим машины конструкции института.

В 1956 году было закончено строительство лабораторного корпуса и аспирантского общежития, а решением Правительства республики институту были переданы Ждановичская МТС с 250 га земельных угодий и 3 корпуса бывшего СПТУ 42-го завода. В институте также имелась своя типография и специальный редакционно-издательский отдел для подготовки научных публикаций.

Таким образом, всего за 8 лет в республике были созданы необходимые условия для развития научных исследований в области механизации сельского хозяйства и создания техники для сельскохозяйственного производства. [2]

М.Е. Мацепуро развил идеи основоположника теории сельскохозяйственных машин и операций академика Василия Прохоровича Горячкина о задачах земледельческой механики (познание физико-механических свойств сельскохозяйственных сред и материалов в аспекте технологических воздействий; разработка вопросов повышения производительности и снижения энергоёмкости машин; формализация знаний, рациональная организация и обработка опытов). Его монография [3], изданная в 1956 и 1959 гг., положила начало серии научных трудов по проблемам земледельческой, а затем (с 1963 г.) сельскохозяйственной механики – теоретического базиса, способствующего развитию технического прогресса как в сельском хозяйстве, так и в сельскохозяйственном машиностроении. Развитие научных идей академика М.Е. Мацепуро отражено в многотомной коллективной монографии «Вопросы земледельческой (сельскохозяйственной) механики», первые 10 томов которой были отмечены Ленинской премией.

Земледельческая механика, получившая свое название от слов «земля» или «земледелие», изначально формировалась, опираясь на фундаментальные положения теоретической механики – статику и кинематику механизмов, динамику материальной точки, системы материальных точек, абсолютно твердого тела, сплошных сред, к которым примыкает теория упругости и в целом механика материалов. Изучение закономерностей преобразования сельскохозяйственных материалов и сплошных сред рабочими органами машин относится к теории технологических

процессов – одному из важнейших разделов земледельческой механики, где все проверяется опытным путем – методами натурных исследований и испытаний. Опора на глубокие теоретические проработки позволила институту очень быстро стать одной из ведущих научных организаций страны и показать высокую практическую результативность.

Краткая историческая справка

За последние сто лет производство основных продуктов (хлеба, картофеля, мясной и молочной продукции) в расчете на одного жителя Беларуси возросло в 3,3 раза: с 22,4 до 75 пудов [4]. Немаловажная роль в этом принадлежит индустриализации сельскохозяйственного производства, превращению его в высокомеханизированную отрасль народного хозяйства.

Становление и развитие как сельскохозяйственного машиностроения, так и сельскохозяйственной механики в Беларуси неразрывно связаны с механизацией сельского хозяйства и созданием сельскохозяйственных научных учреждений в России.

Можно выделить следующие основные этапы развития агроинженерной науки в Республике Беларусь [5]:

1. Зарождение работ по механизации производства сельскохозяйственной продукции (1930–1941 гг.).
2. Организация в БССР первых системных исследований по агроинженерии в рамках общесоюзной системы аграрной науки (1946–1960 гг.).
3. Становление агроинженерной науки Беларуси как устойчивой, самодостаточной структуры в рамках общесоюзной аграрной науки (1960–1980 гг.).
4. Преобразование агроинженерной науки Беларуси в самостоятельное звено, обеспечившее основу создания зонального сельхозмашиностроения (1980–1990 гг.).
5. Развитие агроинженерной науки Беларуси и переход в статус одного из основных составляющих элементов национальной аграрной науки, обеспечивающего создание и становление в республике сельхозмашиностроения как самостоятельной отрасли промышленности (с 1990 г. по настоящее время).

Будучи незаурядным организатором, академик М.Е. Мацепуро много сделал для воплощения в жизнь своих научных идей, внимательно относился к подготовке и воспитанию кадров. Многие его ученики стали докторами наук и, в свою очередь, сформировали научные школы, получившие признание [6].

Крупным теоретиком был профессор Виталий Викторович Кацыгин. Его научные интересы простирались от глубокого изучения деформаций грунтов рабочими органами сельскохозяйственных машин и двигателями тракторов до обоснования концепции мобильного энергетического средства. Обладая большой эрудицией, он в своих изысканиях иногда выходил за рамки сельскохозяйственной механики. Так, известны изобретения В.В. Кацыгина в области медицины и космонавтики.

Научная школа профессора Анатолия Тимофеевича Вагина – это не только широкий спектр исследований процессов взаимодействия рабочих органов машин с почвой, результаты которых были использованы и продолжают использоваться при создании новых и совершенствовании существующих технологических операций обработки почвы и посева сельскохозяйственных культур, но и «кузница кадров». Его ученики, защитив диссертации, продолжали направление работ своего учителя и становились руководителями новых актуальных направлений.

Существенный вклад в теоретические основы сельскохозяйственной механики внесен академиком Сергеем Ивановичем Назаровым, труды которого развивают механику сыпучих материалов и сплошных сред, теорию пневмотранспорта различных по физико-механическим свойствам материалов и другие направления применительно к механизации технологических процессов в животноводстве, хотя и не ограничиваются рамками этой отрасли. Его научной школой проведены обстоятельные исследования, результаты которых использованы при разработке систем удаления, накопления и утилизации навоза, машин для транспортирования и внесения навоза, торфа, компостов, для подготовки и внесения различных видов туков и пестицидов. Возглавляя в течение многих лет Белорусскую сельскохозяйственную академию, он внес значительный вклад в развитие сельского хозяйства Беларуси и подготовку квалифицированных кадров для отрасли. И здесь им была сформирована научная агроинженерная школа, из которой вышли та-

кие известные ученые как член-корреспондент НАН Беларуси В.А. Шаршунов, доктора технических наук А.В. Клочков, А.Н. Карташевич, В.Р. Петровец [6].

Практическим результатом научных разработок доктора технических наук Рувима Лазаревича Турецкого и его учеников является комплекс машин для проведения на объектах мелиорации культуртехнических работ, которые в то время велись в широких масштабах. В частности, были разработаны и поставлены на производство плуги для торфяно-болотных почв, машины для разделки пласта, глубокорыхлители, орудия для очистки мелкой осушительной сети и систем гончарного дренажа, фрезы для обработки закустаренных земель и другие машины.

Работа научной школы под руководством академика НАН Беларуси и РАСХН Михаила Максимовича Севернёва результативно велась во многих направлениях:

- успешно разработана проблема изнашивающей способности и коррозионной активности сред, типичных для работы сельскохозяйственных машин. Им и его учениками изучен механизм абразивного изнашивания рабочих органов почвообрабатывающих машин, контактирующих с почвой, а также установлены закономерности коррозионных процессов в средах минеральных, органических удобрений и пестицидов, разработаны методы расчёта долговечности деталей сельскохозяйственных машин и практические рекомендации по защите от коррозии и коррозионно-механического износа;

- под его руководством и при непосредственном участии выполнен цикл работ по обоснованию ремонтно-обслуживающей базы для сельскохозяйственной техники;

- с учётом трудностей сельскохозяйственного производства, обусловленных нехваткой материально-энергетических ресурсов, выполнены и продолжают проводиться исследования по ресурсосбережению, изысканию альтернативных источников энергии, вовлечению в энергетический баланс солнечной и ветровой энергии, естественного холода, биомассы и других источников.

Подтверждением мирового признания фундаментальных работ М.М. Севернёва служит тот факт, что подготовленная им и его учениками в 1973 г. монография «Износ деталей сельскохозяйственных машин» дважды переиздавалась за рубежом: в 1975 г. в Индии и в 1995 г. в Голландии, а в 2011 г. переиздана в Беларуси.

Научная школа академика Игоря Станиславовича Нагорского – это решение вопросов автоматизации средств механизации сельского хозяйства и математическое моделирование сельскохозяйственных машин и агрегатов с целью обоснования на стадии их проектирования рациональных параметров конструкции и режимов работы, обеспечивающих качественное выполнение технологического процесса, высокую производительность и минимальную энергоёмкость. Воспитанники его научной школы – 6 докторов и 17 кандидатов наук – работают сегодня в НИИ, преподают в БГАТУ и БНТУ, успешно ведут научную работу за рубежом.

Доктора технических наук В.В. Азаренко, П.П. Казакевич, В.И. Передня, Л.Я. Степук, И.И. Пиуновский, В.П. Чеботарев, В.О. Китиков, В.В. Кузьмич известны научной общественности и специалистам-практикам республики, стран СНГ и за его пределами как крупные специалисты в области механизации земледелия и животноводства.

Во все времена агроинженерная наука республики оказывала значительное влияние на развитие сельского хозяйства. В 50–60-е годы разработанные машины, среди которых запарники кормов ЗСК-10, культиваторы КОН-2,8, котлы-парообразователи, многочисленные машины для культуртехники и мелиорации, производились десятками тысяч штук; наиболее известные разработки 70–80-х годов: оборудование для кормоцехов КОРК-15 и ЛОС-3, культиваторы чизельные КЧ-5,1 и КЧН-5,4, жатки валковые ЖСК-4, комплекты комбикормового оборудования КН-5 и другие машины – также выпускались многосерийно, а тираж производства измельчителя кормов ИСК-3 (удостоенного золотой медали Международной выставки в Брно) превысил 200 тысяч единиц [6].

Умение видеть крупные технические задачи и концентрировать научные силы на их решении проявилось при решении проблемы уборки полеглих зерновых культур, с которой столкнулось сельское хозяйство во второй половине 70-х гг. В самые сжатые сроки институт разработал новую жатку и поставил ее на производство. Жизнеспособность конструкции и ее эффективность подтверждается тем, что эта машина почти без изменений выпускалась около 30 лет и используется до сих пор. За эту разработку коллектив работников ЦНИИМЭСХ во главе с М.М. Севернёвым в 1978 г. был отмечен Государственной премией БССР.

Результаты научных разработок на рубеже столетий

После распада СССР в 1991 г. одной из крупнейших проблем развития материально-технической базы сельского хозяйства страны при становлении государственного суверенитета Республики Беларусь стало его техническое оснащение. Расположенные на территории республики заводы производили всего около 13 % номенклатуры сельскохозяйственных машин, использовавшихся в отрасли. Возникновение границ между республиками, распад единого рублевого пространства и единого рынка нарушили систему обеспечения техникой. Поэтому для исправления ситуации в 1996 г. на основе научных идей, предложенных доктором технических наук И.Н. Шилов, была разработана и одобрена коллегией Минсельхозпрода Республики Беларусь Концепция развития механизации и автоматизации сельскохозяйственного производства Республики Беларусь на период до 2000 г.

На основе Концепции с учетом приоритетов механизации производственных процессов в отраслях, а также имеющихся в республике финансов, промышленного и научного потенциала была разработана и одобрена Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 07.02.1998 № 199 Республиканская программа создания сельскохозяйственной техники, машин и оборудования для производства и переработки сельскохозяйственной продукции на 1998–2000 годы.

Программой предусматривалось разработать и освоить производство 136 наименований машин и оборудования, в том числе 72 видов техники для производства сельскохозяйственной продукции, 9 – для первичной обработки и хранения и 55 – для промышленной переработки продукции. Одной из основных задач программы на 1998–2000 гг. было воспроизводство на новом техническом уровне сельскохозяйственной техники, которая прежде поставлялась из других республик СССР и стран СЭВ.

Другой важнейшей задачей было создание отечественного шлейфа машин к новым тракторам «Беларус» МТЗ-1221 и МТЗ-1522. Всего в рамках программы создано 8 новых технических средств к трактору «Беларус» МТЗ-1221, что позволяет существенно повысить загрузку машин этого типа, поступающих в хозяйства республики в массовом масштабе.

В соответствии с программой на 1998–2000 гг. в республике впервые и при этом в очень сжатые сроки было освоено производство зерноуборочных комбайнов «Лида-1300» на РУП «Фирма Лидагропроммаш» и КЗР-10, КЗС-10 и КЗС-7 ПО «Гомсельмаш» с объемом производства в 2003 г. около 1000 единиц, что позволило заложить основы отечественного комбайностроения, имеющего перспективы не только в обеспечении потребностей хозяйств республики, но и в экспорте в страны СНГ. Машины этих марок хорошо зарекомендовали себя в уборочные кампании 2000–2003 гг. Заслуги ученых института в становлении комбайностроения отмечены присуждением профессору И.Н. Шилу вместе с руководством ПО «Гомсельмаш» Государственной премии Республики Беларусь.

Оценивая итоги реализации Республиканской программы создания сельскохозяйственной техники, машин и оборудования для производства и переработки сельскохозяйственной продукции на 1998–2000 гг., надо отметить, что все ее задания были выполнены, главным результатом стало освоение предприятиями сельхозмашиностроения республики более 70% номенклатуры использующейся в отрасли техники. На 01.01.2003, несмотря на нехватку финансовых средств у заводов-изготовителей для освоения производства новой техники, на предприятиях республики производились машины 437 наименований [7].

Вместе с тем многие освоенные модели сельхозмашин являлись лишь частично модернизированными образцами техники, разработанной в СССР в конце 80-х – начале 90-х годов. Эти машины закрывали «белые пятна» в обеспечении производства, но не позволяли поднять сельское хозяйство Беларуси на новый уровень развития.

На основе анализа тенденций развития механизации производственных процессов в агропромышленном комплексе республики и за рубежом и с учетом задач, стоящих перед отраслью, учеными БелНИИМСХ под руководством доктора технических наук В.Н. Дашкова было предложено сформировать новую программу развития сельхозмашиностроения республики на период до 2005 г.

Советом Министров Республики Беларусь была утверждена Республиканская программа создания сельскохозяйственной техники и оборудования для производства и переработки сельскохозяйственной продукции на 2002–2005 гг. [8]. В ней, с учетом состояния средств механизации и возможностей сельхозмашиностроения, предусматривались:

- системный подход к разработке и производству техники, ориентированный на полнокомплектную поставку технических средств для технологических процессов;
- рациональное ограничение номенклатуры машин, сокращение их материало- и энергоёмкости на основе блочно-модульного построения типоразмерных рядов, агрегатной унификации и универсализации;
- поддержание работоспособности техники путем рационального сочетания технических центров заводов-изготовителей по ее сервисному обслуживанию с базой ремонтно-обслуживающих организаций и самих хозяйств.

Институт активно взаимодействует как с технологическими институтами, высшими учебными заведениями республики, так и с научными организациями агроинженерного профиля в ближнем и дальнем зарубежье. Примером творческого международного научного сотрудничества является комплексная работа по выполнению ряда совместных белорусско-российских программ: «Лен», «Картофель», «Молоко», «Плодоовощная продукция», «Комбикорм», которыми предусмотрена разработка оборудования, машин и агрегатов для производства соответствующей продукции. Институт механизации сельского хозяйства НАН Беларуси, а затем НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства является головным координатором и исполнителем работ, выполняемых белорусской стороной.

Перспективы агроинженерных исследований

С 2002 г. институт функционирует в составе Национальной академии наук Беларуси как Республиканское унитарное научно-исследовательское предприятие «Институт механизации сельского хозяйства Национальной академии наук Беларуси» (РУНИП «ИМСХ НАН Беларуси»).

В 2006 г. во исполнение Указа Президента Республики Беларусь от 18.04.2006 №242 «О создании научно-практических центров Национальной академии наук Беларуси и некоторых мерах по осуществлению научной деятельности» РУНИП «ИМСХ НАН Беларуси» реорганизовано в Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства» путем присоединения Республиканского унитарного предприятия «Институт энергетики агропромышленного комплекса Национальной академии наук Беларуси» и Республиканского унитарного предприятия «Специальное конструкторское бюро механизации сельского хозяйства Национальной академии наук Беларуси». Центр является учредителем Республиканского производственного дочернего унитарного предприятия «Экспериментальный завод», Республиканского дочернего унитарного сельскохозяйственного предприятия «Экспериментальная база «Зазерье» (Пуховичского района Минской области) и Республиканского производственного дочернего унитарного предприятия «Конус» (г. Лида).

Несмотря на реорганизацию, основной целью деятельности Научно-практического центра Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства осталась выработка теории и методологии создания средств механизации сельскохозяйственных процессов, определение практических критериев для предприятий сельхозмашиностроения и формирование системы машин, создание отечественных высокопроизводительных комплексов технических средств по важнейшим отраслям сельскохозяйственного производства, не уступающих по основным критериям качества и надежности лучшим зарубежным аналогам.

Говоря о роли Центра в механизации технологических процессов в сельском хозяйстве страны, необходимо отметить, что более 50 % наименований сельскохозяйственной техники и оборудования, выпускаемых предприятиями Минпрома и Минсельхозпрода Республики Беларусь, разработано в РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по ме-

ханизации сельского хозяйства» или при его участии. Так в республике 65–70 % всего объема плющеного зерна заготавливается с применением плющилок ПВЗ-10, разработанных в Центре. Внедрение пресс-подборщика ПРЛ-150 позволило закрыть всю потребность республики в данных машинах (практически на 70 % площадей посева льна применяется заготовка тресты в рулоны). Экономическая эффективность заготовки льнотресты с применением пресс-подборщика ПРЛ-150 в сравнении с ручной в снопы составляет более 8 тыс. руб./га.

Экономический эффект от импортозамещения плугами разработки Центра только серии ППО (ППО-4-40, ППО-5-40) составляет 8 тыс. долл. США на единицу, а при выпущенном и реализованном объеме эффект составляет 17 600 тыс. долл. США. При этом обеспечивается вспашка 35 % общего объема пахоты страны. В республике агрегатами АКШ различных модификаций, которые также разработаны в Центре, обрабатывается каждый второй гектар пашни. РДУП «Экспериментальный завод» является основным производителем техники для возделывания и доработки картофеля и овощей на территории СНГ и крупным экспортером сельхозтехники Беларуси, а РДУП «Конус» – ведущей организацией республики по горячему цинкованию металлоизделий.

Признанием эффективности работы НПЦ в этот период стало присвоение его генеральному директору В.Г. Самосюку звания «Заслуженный работник промышленности Республики Беларусь».

Экономия материально-энергетических ресурсов – это глобальная проблема XXI века. Основой повышения эффективности сельскохозяйственного производства республики должно стать техническое перевооружение отрасли с целью снижения энерго- и ресурсоемкости продукции в 1,2...1,3 раза, обеспечения комплексной механизации технологических процессов и высвобождения работающих в сельском хозяйстве (около 60 %) от тяжелого ручного труда, негативно влияющего на качество жизни и здоровье сельского населения [9].

Повышение уровня научно-технического прогресса в сельскохозяйственном производстве на современном этапе, как и раньше, немыслимо без постоянного пополнения фонда научных знаний и творческого использования его в решении прикладных задач. Если иссякнут новые знания, то не будет и практических результатов, поэтому главной задачей агроинженерной науки в ближайшее десятилетие является создание на основе фундаментальных и комплексных поисковых исследований ресурсосберегающих адаптированных технологий и техники нового поколения, обеспечивающей рациональное взаимодействие рабочих органов с биологическими объектами: почвой, растениями, животными [10].

Необходимо также отметить, что техническое переоснащение сельского хозяйства требует внесения необходимых корректив в подготовку инженерно-технических специалистов для села. Современный инженер-аграрник должен не только владеть техническими знаниями и умением организовать работу машинно-тракторного парка, но также обладать определенным технологическим и экономическим багажом и видением перспективы применения новой техники для снижения затрат ресурсов и уменьшения себестоимости продукции.

Какое же обличье обрела сельскохозяйственная техника, созданная в рамках достаточно обоснованной и утвержденной системы машин, в процессе своей 80-тилетней эволюции и фактически второй научно-технической революции (60–90-е годы)? Прежде всего, нужно отметить, что за это время сменилось 4 или 5 поколений техники, которая создавалась в рамках принятых систем машин.

На каждом этапе развития достигалось 1,5–2-кратное повышение энергонасыщенности и общей эффективности, возрастала ширина захвата машин, выросли мощность и рабочие скорости. Существенно выросла технологическая эффективность машин, их надежность и долговечность. Мощность наиболее применимых тракторов возросла до 180–260, 300–350, 400–422 л.с., а уборочных комбайнов – до 200–260, 300–380 и даже 450–580 л.с.

В заключение можно сказать, что наш научно-практический центр, храня добрые традиции института механизации и электрификации сельского хозяйства и намечая новые рубежи, идет в ногу со временем.

Заключение

1. Белорусская агроинженерная наука и ее флагман – коллектив УП «Институт механизации сельского хозяйства НАН Беларуси», а затем НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства за 75 лет работы внесли существенный вклад в развитие сельского хозяйства Беларуси и бывшего СССР. В сложных условиях переходного периода она не утратила ведущей роли в научном обеспечении сельскохозяйственного производства Беларуси.

2. Выполненные разработки позволяют, наряду с повышением уровня механизации сельского хозяйства республики, довести долю собственного сельхозмашиностроения до 85–90 % по номенклатуре, что решает наиболее острые проблемы импортозамещения. Кроме того, освоение производства новой конкурентоспособной сельскохозяйственной техники дает возможность увеличить ее экспорт.

3. Важнейшей задачей остается подготовка кадров высшей квалификации, так как трудно ожидать рождения принципиально новых творческих идей, а в итоге создания конкурентоспособной техники для сельчан, если не будет высококвалифицированных, имеющих широкий кругозор лидеров – докторов наук с их научными школами. Кроме того, техническое переоснащение сельскохозяйственного производства должно сопровождаться подготовкой новой генерации агроинженеров, а также активным обучением действующих кадров новым методам работы с использованием современных машин.

Список использованных источников

1. В.Н. Дашков, И.С. Нагорский, М.М. Севернев. Этапы становления и перспективы сельскохозяйственной инженерии в Беларуси. // Научно-технический прогресс в области механизации, электрификации и автоматизации сельского хозяйства: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 55-летию образования УП «БелНИИМСХ»: В 2-х т. – Минск, УП «БелНИИМСХ», 2002. – Т.1. – С. 12-26.
2. Дашков В.Н. Аграрно-инженерной науке – 60 лет. Дашков В.Н., Севернев М.М. // Научно-технический прогресс в с/х производстве: сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 17–19 октября 2007 г. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по мех. с/х-ва»; под общ. ред. В.Н. Дашкова. В 2 т.: Т. 1. Минск. – 2007. – С. 25–33.
3. Мацепуро М.Е. Творческое применение учения академика В.П.Горячкина в научных исследованиях по механизации сельского хозяйства. – Мн., 1956. – 208 с.
4. Скоропанов С.Г. «Крестьянский вопрос» в тысячелетнем зеркале / Весці Акадэміі аграрных навук Рэспублікі Беларусь. – 1998. – №2. – С.91–93.
5. Дашков В.Н. Основные этапы развития земледельческой механики и сельскохозяйственной техники в XX веке. Дашков В.Н. [и др.] // С/х механика. Век XXI [Текст]: академ. чтения, посвящ. 100-летию акад. Мацепуро и 80-летию со дня образования НАН Беларуси / РУП «НПЦ НАН Беларуси по мех. сельского хозяйства». – Мн. – 2008. – С. 58–71.
6. Цыганов А.Р., Дашков В.Н., Нагорский И.С. Состояние и перспективы агроинженерных исследований в Беларуси // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2003. – № 1. – С. 57–59.
7. Минько Ф.Ф., Дашков В.Н., Нагорский И.С. Первоочередные задачи механизации сельского хозяйства Белоруссии накануне XXI // Общие проблемы технического обеспечения агропромышленного производства. Научные труды, т.130 / ВИМ. – Москва, 2000. – с.144–150.
8. Рубаник А.Н., Бурдыко В.М., Дашков В.Н. На пути к созданию отечественной техники современного уровня // Белорусское сельское хозяйство. – 2003. – №2. – с. 2–4.
9. Комлач Д.И. Современная сельскохозяйственная техника для механизации технологических процессов в растениеводстве. Д.И. Комлач, В.В. Голдыбан, И.А. Барановский // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2020. – Вып. 54. – С. 171–176.
10. Дашков В.Н., Шило И.Н. Механизация сельского хозяйства Республики Беларусь (состояние и пути развития) // Общие проблемы технического обеспечения агропромышленного производства. Научные труды, т.130/ ВИМ. – Москва, 2000. – с.150–157.

Д.И. Комлач, к.т.н., доц-т, **Л.Я. Степук**, д.т.н., проф.

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

СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО СЕЛЬХОЗМАШИНОСТРОЕНИЯ ЗА ПЕРИОД НОВЕЙШЕЙ ИСТОРИИ БЕЛАРУСИ. ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ

К 75-летию РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

Республика Беларусь стала суверенной страной в самом начале 1990-х годов. Но прежде чем охарактеризовать ситуацию с техническим обеспечением нашего сельского хозяйства в этот период, необходимо кратко обрисовать уровень механизации сельского хозяйства в предшествующие годы.

До распада СССР в Беларуси производилось не более 15 % от необходимой номенклатуры техники. Остальная же (85 %) завозилась из России, Украины, Казахстана, Латвии и других республик бывшего СССР. Серьезных проблем с техническим обеспечением колхозов, совхозов в 1980-е годы не было.

Справочно. В середине 80-х гг. на село ежегодно поступало почти 15 тыс. тракторов, 11 тыс. грузовых автомобилей, более 4 тыс. зерноуборочных комбайнов, 880 экскаваторов, много другой техники. Активная часть основных фондов нашего сельхозпроизводства ежегодно пополнялась на 200–220 млн рублей и в целом равнялась почти 4 млрд руб. Средняя стоимость машин и оборудования в одном хозяйстве составляла 720 тыс. руб. (считай долларов США, цены 1985 г.) [1].

Несмотря на поставку такого большого количества техники, уровень оснащенности АПК энергетическими и техническими средствами в те годы был не совсем полным. Так, тракторы не были обеспечены должным набором машин, что снижало эффективность их использования. Это в первую очередь касалось энергонасыщенных тракторов типа К-701 и Т-150К (данная проблема, кстати, чрезвычайно актуальна и в наши дни) [2].

В то же время в Беларуси был накоплен опыт получения рекордных урожаев сельскохозяйственных культур с использованием общеизвестных плугов, сеялок типа СЗ-3,6 и другой техники. Так, колхоз «Перемога» Житковичского района в 1986 г., не используя никакой зарубежной техники, получил по 85 ц/га озимой пшеницы на площади 10 га, а в 1987-м – по 90,1 ц/га на площади 30 га. Племзавод «Красная звезда» Клецкого района в 1987 г. получил на 72 га урожай пшеницы по 100,1 ц/га. Колхоз им. Гастелло Минского района в том же году получил на площади 400 га по 69,7 ц/га пшеницы. Колхоз им. Калинина Несвижского района – по 84,6 ц/га на площади 30 га. В 80-е годы в республике был образован «Клуб – 100», в который входили хозяйства, получавшие по 100 ц/га и более зерновых. Эти и другие примеры свидетельствуют о том, что, используя только отечественную технику, можно в условиях республики получать рекордные урожаи различных сельскохозяйственных культур [3].

Начиная с 1990 года, машинно-тракторный парк нашего села почти не обновлялся. Например, предприятиями АПК приобреталось ежегодно в среднем 2,8 % от наличия тракторов, 0,7 % – грузовых автомобилей, 1 % зерноуборочных, 4,2 % – кормоуборочных, 0,8 % – картофеле- и льноуборочных комбайнов, 1–3 % – машин и оборудования для животноводства. В итоге мы располагали машинно-тракторным парком, который был изношен на 75–80 %. О состоянии ремонтно-эксплуатационной базы хозяйств можно судить хотя бы по тому, что средства в нее за последние годы практически не вкладывались. А без ремонтной базы эффективно использовать технику невозможно [1, 3].

Во второй половине 1990 г. ситуация начала несколько изменяться, но несущественно. За пять лет сельскохозяйственным организациям в долгосрочную аренду передано 7,2 тыс. тракторов, 889 зерноуборочных комбайнов, 2,1 тыс. единиц кормоуборочной техники, 5,5 тыс. сеялок, культиваторов и других машин. Однако при этом общее количество тракторов за последние 10 лет (с 1995 по 2005 гг.) уменьшилось на 40,3 тыс. единиц, грузовых автомобилей – на 24,4, зерноуборочных комбайнов – на 12,1, картофеле- и кормоуборочных комбайнов соответственно на 4,2 и 1,7 тыс. единиц. Причем оставшийся парк машин выработал установленный ресурс на 70–90 % [2].

Изношенная техника – это низкая производительность, перерасход топлива, несоблюдение агротехнических сроков, потери миллионов тонн растениеводческой продукции. Это, в конце концов, нервы механизаторов.

Таким образом, складывались все предпосылки к тому, чтобы вступил в действие закон убывающего плодородия почвы. А он начинает действовать автоматически, когда недостаточно техники, когда она отстает от времени, когда производства не прогрессируют, а, наоборот, возвращаются к дедовским методам.

По мнению В.Г. Гусакова, тогдашнего директора БелНИИ аграрной экономики, мы были «вправе говорить о деиндустриализации и примитивизации аграрного производства, ускоренной регрессии и натурализации сельского хозяйства» (журнал «Агроэкономика», № 2 – 2000).

Так, на 1 ноября 2007 г. общее количество тракторов по сравнению с 1990 годом уменьшилось с 126 161 до 56 324 ед. Грузовых автомобилей за этот же период стало меньше почти на 30 тыс. ед.; зерноуборочных комбайнов – на 16,8 тыс. ед., из них исправных на эту дату имелось всего 7787 ед.; кормоуборочных комбайнов – на 7 тыс. ед., из них исправных имелось 1848 ед.

На начало 2000 г. в стране насчитывалось 23 175 плугов. На 1 ноября 2007 г. их стало 15 248, из них исправных – 12 866 шт., культиваторов – соответственно 28 688 и 14 194, исправных – 10 940 шт.; разбрасывателей минеральных удобрений – 10 000 и 7005, исправных – 5 647 шт.; опрыскивателей на начало 2000 г. – 5 386, а на 1 октября 2007 г. – 4 762, из них исправных – 3 977 шт. И так практически по всем позициям. В отдельные периоды (2000–2004 гг.) выбытие превышало поступление сельхозтехники в 3–12 раз!

А ведь доказано, что валовой продукт сельского хозяйства снижается прямо пропорционально сокращению машинно-тракторного парка. Уменьшение же объемов сельскохозяйственного производства приводит в конечном счете к снижению покупательской способности товаропроизводителей и, следовательно, к дальнейшему падению объемов выпуска машин. Этот процесс продолжается, к сожалению, до настоящего времени. То есть тенденция, когда выбытие превышает поступление техники в хозяйства, является устойчивой до сих пор [4, 5].

Подытоживая рассматриваемую проблему, имевшую место в стране в «лихие» 1990-е годы, стоит привести высказывания известных официальных лиц о ситуации в сельском хозяйстве страны.

«Перед сельским хозяйством республики на 1999 г. были поставлены следующие задачи: «... поднять намолоты зерна до 30 ц/га, обеспечив его валовой сбор в 7 млн т, собрать 7,5–8 млн т картофеля, 55 тыс. т льноволокна. Животноводы должны реализовать скота и птицы 995 тыс. т в живом весе и произвести 5,5 млн т молока...» (Белорусская нива, 27 января 1999 г.).

Какую же исходную позицию мы имели на начало 1999 года, чтобы выполнить намеченные планы?

«Земля скудеет, падает её плодородие. Сократилось поголовье скота, упала заготовка торфа, значительно меньше стали вносить органических удобрений. Снизились объемы известкования кислых почв, дозы вносимых минеральных туков. Резко усилилась засоренность полей. Не хватает средств для закупки по импорту химических средств защиты растений, которые у нас практически не производятся. Ухудшилось качество посевного материала. К тому же стареющая техника не позволяет многим хозяйствам вовремя и качественно провести все необходимые работы в поле». (Из интервью зам. Министра сельского хозяйства и продовольствия РБ А. Рубаника. «Белорусская нива», 6 января 1999 г., «Стратегия и тактика весеннего сева»).

«В трети районов республики из-за потерь гумуса снижается уровень плодородия. В половине отмечены существенные потери фосфора и калия», – сообщил заместитель премьер-министра Республики Беларусь А. Попков на встрече в редакции газеты «Белорусская нива» в январе 1999 года.

На совещании по актуальным вопросам работы АПК 13 января 1999 г. Президент Беларуси А. Г. Лукашенко призвал собравшихся серьезно разобраться и высказать свои предложения по поводу того, почему вложенные в село огромные средства в 1998 г. не дали ожидаемой отдачи, почему приоритеты, определенные в развитии сельского хозяйства на совещаниях в Гродно и Орше, оказались реализованными не в полной мере. Недостаточно быстро и эффективно развивается отечественное сельхозмашиностроение.

Вот такое положение в целом, и в сельском хозяйстве и сфере механизации в частности, унаследовала Республика Беларусь после развала СССР.

Техническое обеспечение сельского хозяйства уже суверенной республики в те годы было бы более полным при наличии необходимого количества валютных средств. Было подсчитано, что для того, чтобы восстановить технический потенциал сельского хозяйства, который был потерян в 1990-е годы, требовалось по 700 млн долл. США ежегодно на протяжении 5 лет. Но в стране таких ресурсов на тот момент не было. Выход был один: срочно разработать свою, отечественную Систему машин для растениеводства и животноводства суверенной Беларуси и на продажу за рубеж.

К настоящему времени агроинженерной наукой совместно с промышленными предприятиями Республики Беларусь разработана новая отечественная Система машин для растениеводства и животноводства, насчитывающая почти 500 наименований. Десятки наименований из этой системы машин поставлены на производство и используются в сельском хозяйстве страны, а также продаются за рубеж, но выпускаются они, за небольшим исключением, очень малыми партиями. Многие позиции, архивостребованные практикой, производством не осваиваются. В результате по-прежнему выбытие техники превышает ее поступление в хозяйства (табл. 1). Это, естественно, не могло не сказаться на обеспеченности техникой сельскохозяйственных предприятий республики (табл. 2) [6].

Таблица 1. Поступление и выбытие сельскохозяйственной техники в сельском хозяйстве Республики Беларусь за 2006 – 2013 годы, тыс. шт. [6]

Вид техники	2006		2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		Всего за 2006–2013		Уменьшилось (–)/увеличилось (+) за 2006–2013
	Поступило	выбыло	Поступило	выбыло	Поступило	выбыло	Поступило	выбыло	Поступило	выбыло	Поступило	выбыло	Поступило	выбыло	Поступило	выбыло	Поступило	выбыло	
Тракторы	3,6	4,7	2,6	4,8	3,3	4,4	2,9	4,0	4,14	5,01	2,3	3,8	2,6	3,5	2,07	3,4	23,51	33,7	–8,19
Комбайны:																			
зерноуборочные	2,2	1,9	1,5	2,0	1,4	1,5	1,6	1,1	1,87	1,02	1,5	0,8	1,5	0,8	0,54	0,92	12,11	10,04	+2,7
кормоуборочные	0,2	0,8	0,2	0,7	0,4	0,5	0,5	0,3	0,49	0,31	0,4	0,2	0,3	0,2	0,53	0,17	3,02	3,18	–0,16
Плуги тракторные	1,8	1,9	1,4	1,9	1,1	2,0	1,2	1,7	1,32	1,72	0,8	1,2	0,3	1,1	0,28	1,07	8Д	12,59	–4,39
Опрыскиватели полевые	0,4	0,3	0,4	0,4	0,7	0,5	0,4	0,4	0,47	0,52	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,49	3,27	3,37	–0,1
Машины для внесения удобрений:																			
органических	0,3	1,1	0,5	1,0	1,0	1,0	0,8	0,9	0,74	0,77	0,5	0,6	0,2	0,6	0,25	0,54	4,29	6,51	–1,81
минеральных	1,1	1,0	0,6	0,8	0,9	0,9	0,9	0,8	0,93	0,92	0,8	0,7	0,4	0,7	0,43	0,78	6,33	3,88	+0,45
Комбинированные почво-обрабатывающие агрегаты	0,5	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,0	0,0	0,17	0,42	0,2	0,3	0,2	0,3	0,16	0,31	1,83	2,23	–0,4

Примечание. По остальным позициям Системы машин на данный момент ситуация аналогичная: выбытие превышает поступление.

Таблица 2. Наличие в сельскохозяйственных организациях и потребность (на 01.01.2022) в технике в целом по Республике Беларусь

Название машин	Наличие, ед.	Потребность для выполнения работ в оптимальные агросроки	Уровень обеспеченности (без учета их готовности), %
Тракторы	36077	43255	83,4
Зерноуборочные комбайны	7663	12134	63,2
Самоходные кормоуборочные комбайны	3719	5420	74,5
Картофелеуборочные комбайны	630	1140	55,3
Плуги	7028	9983	70,4
Дисковые бороны (дискаторы)	1720	3327	51,2
Агрегаты почвообрабатывающие комбинированные	2649	4278	61,2
Агрегаты почвообрабатывающее-посевные	2900	5410	53,6
в том числе шириной захвата более 6 м	2433	4160	58,5
Сеялки зерновые	1715	2100	82,0
Сеялки для кукурузы и свеклы	2806	2900	96,7
Картофелесажалки	991	1600	62,0
Машины для внесения тв. минеральных удобрений	4164	8794	47,4
Машины для внесения тв. органических удобрений	4497	9505	47,4
Опрыскиватели	3379	7130	47,8
Косилки	5434	6500	85,6
Ворошилки и вспушиватели	3864	4764	81,0
Пресс-подборщики	4815	9168	52,5
Грузовые автомобили и автопоезда	15098	28519	53,0

Как следует из табл. 2, составленной на основе анализа технологических карт на возделывание основных сельскохозяйственных культур по интенсивным технологиям, в дефиците почти все позиции представленного номенклатурного ряда техники. Эти данные свидетельствуют о том, что техническая база по целому ряду позиций не соответствует требованиям интенсивного ведения сельского хозяйства.

Очевидно, что нынешний уровень обеспеченности села техникой не позволяет в масштабах страны качественно выполнять все необходимые операции в оптимальные агротехнические сроки в соответствии с требованиями интенсивных технологий, а следовательно – получать высокие урожаи. В результате имеют место недоборы урожаев, не очень эффективное использование материально-технических ресурсов, высокая стоимость, низкая или вообще отрицательная рентабельность конечной продукции. Во многом именно по этой причине по официальным данным на 1 января 2009 г. в 70 районах наметилась тенденция повышения кислотности почв, в 69 – отмечен отрицательный баланс гумуса, в 47 – произошло снижение содержания фосфора, в 45 районах – калия [7]. К настоящему времени подкисление почв отмечается уже в 94 районах, а снижение содержание гумуса в почве – в 73 [8].

Понятно, что на восстановление плодородия почв хотя бы до уровня 1990 года уйдут многие годы.

Все это является следствием в первую очередь недостаточной обеспеченности села техникой, без которой даже самые многообещающие результаты, полученные агрономической, агрохимической, зоотехнической, экономической и иными науками, работающими на сельское хозяйство, не могут быть реализованы в полной мере.

Вместе с тем в последнее время можно часто слышать из разных уст слова о том, что техники достаточно. Да, действительно, уменьшение количества по некоторым позициям можно объяснить в какой-то мере и поступлением в село более мощной, более производительной техники. Это, прежде всего, тракторы, зерно- и кормоуборочные комбайны, обеспечивающие успех во время весенней и осенней посевной кампаний и уборки урожая. Но в сельскохозяйственном про-

изводстве выполняются сотни работ, из которых около 60 % – транспортные работы и работы по уходу за растениями. На них высоко энергонасыщенная техника не может реализовать свой потенциал. Мощные пахотные агрегаты недостаточно эффективны также на мелкоконтурных полях, преобладающих в Витебской, Могилевской и части Минской областей. То же самое можно говорить и о новейших зерноуборочных и других комбайнах.

Более того, количество новой мощной техники в общем балансе составляет от 10 до 40 % в зависимости от марки машины. И, что особенно следует подчеркнуть, так называемые энергонасыщенные трактора не обеспечены соответствующим шлейфом машин.

Но вернемся к Программе приоритетного сельхозмашиностроения, упомянутой выше.

Предлагаем далее исходить из понимания того, что освоить одновременно производство всей Системы машин мы не сможем ни при каких обстоятельствах, ибо дефицит накапливался многие годы. На устранение дефицита также потребуются годы. Но в Системе машин есть ряд позиций, отсутствие которых не позволит нам двигаться вперед. Это, прежде всего, комплексы машин общего назначения. К ним относятся почвообрабатывающие машины, комплексы машин химизации земледелия, включающие машины для применения всех видов органических и минеральных удобрений, известковых материалов и пестицидов. Эти машины являются урожаяобразующими, урожаясохраняющими.

В совокупности стоимость применяемых ежегодно в нашей стране средств химизации земледелия составляет, с учетом NPK и микроудобрений в навозе, миллиард долларов США.

Разумеется, чтобы грамотно применить десятки миллионов тонн этих чрезвычайно эффективных ресурсов, надо иметь в достатке различные комплексы современных машин.

Подсчитано, что, наведя порядок только в сфере применения этих ресурсов, мы получим дополнительно, при прочих равных условиях, примерно 4 млн т зерна, большое количество сахарной свеклы, картофеля и другой сельскохозяйственной продукции [9].

Из-за ограниченности объема статьи приводим только перечень разделов предлагаемой Программы, а интересующихся их содержанием отсылаем к источникам [3, 4, 5, 6, 9].

Примерная структура программы будет выглядеть следующим образом.

В первом разделе программы должен быть назван научно обоснованный приоритетный ряд машин и оборудования, изготавливаемых на предприятиях республики. Это позволит:

- разработать конкретные программы производства первоочередной, максимально эффективной техники в оптимальных объемах для ведущих заводов-изготовителей;
- исключить имеющееся в настоящее время необоснованное дублирование производства одних и тех же машин на разных предприятиях.

Второй раздел должен включать научно обоснованный приоритетный ряд машин и оборудования, закупаемых за рубежом, производство которых невозможно или нецелесообразно налаживать в республике. Но при этом должна оставаться возможность совместного производства такой техники с зарубежными фирмами.

При этом немаловажно помнить, что замена собственных изделий импортными разрушает национальную машиностроительную индустрию.

Третий раздел – научно обоснованный приоритетный ряд запасных частей для поддержания в исправном состоянии техники. В сельскохозяйственных предприятиях основной метод ремонта сельскохозяйственной техники и оборудования сводится к замене вышедших из строя деталей или узлов, так называемый агрегатный метод. Понятно, что и качество, и срочность ремонта будут зависеть от наличия необходимых запчастей, так как восстановительный ремонт в хозяйствах крайне ограничен из-за отсутствия специального оборудования.

Четвертый раздел – научно обоснованный приоритетный ряд мероприятий по восстановлению и развитию ремонтно-эксплуатационной базы хозяйств. Ремонтная инфраструктура, без которой невозможно эффективно использовать технику, в последние годы пришла в упадок. И это в то время, когда почти 50 % имеющегося машинно-тракторного парка находится за пределами амортизационного срока.

Программа должна включать также перечень приоритетных мер по повышению квалификации инженерно-технических кадров села, усилению ответственности за нарушение правил эксплуатации сельскохозяйственной техники и т.д.

Как было сказано в первой части статьи, к настоящему времени мы имеем отечественную Систему машин. Однако ряд архивостребованных практикой машин производством не осваивается, из-за чего сельское хозяйство недополучает колоссальные объемы продукции.

Реализация данной программы автоматически решит и проблему внедрения новых машин, оборудования и приборов.

Предлагаемый нами инновационный подход к решению озвученной проблемы, по существу, даст возможность разработать научно обоснованную стратегию технического обеспечения важнейшей сферы народного хозяйства страны, которая приобретет силу закона.

Существование проблемы внедрения новых сельскохозяйственных машин и оборудования, кстати сказать, в последние годы инкриминируется именно тому, кто создает новую технику, которая на практике-то архивостребованная, высокоокупаемая, без которой не представляется возможным интенсивное ведение сельского хозяйства страны. Мало того, некоторое время назад запущена процедура возврата денежных средств организацией-разработчиком, которой созданы отечественные комплексы машин, оборудования и приборы, что, разумеется, сделать без денег было бы невозможно. Это нонсенс! И вот почему:

- процедура возврата денег абсолютно никоим образом не способствует решению самой сложной, самой запущенной на нынешнем этапе развития сельского хозяйства проблемы – технического обеспечения села. Наоборот, она является тормозом в его развитии, её надо срочно менять;

- на самом деле все проекты заданий соответствующих государственных научно-технических программ проходили и проходят установленную в республике многоуровневую, а потому неоправданно длительную процедуру их защиты, в которой, кстати сказать, задействуются многие десятки людей, различных организаций, из которых только считанные единицы бывают в теме;

- после защиты проекта разработка каждого задания проводилась в строгом соответствии со Стандартом Беларуси СТБ 1578-2005 «Разработка и постановка продукции на производство». После проведения государственных приёмочных испытаний изделия (это заключительный этап разработки) создавалась приёмочная комиссия Минсельхозпрода, которая рассматривала результаты испытаний, утверждала технические условия на изделие, присваивала литеру «О1» конструкторской документации и рекомендовала его к постановке на производство.

Разработчик получал Сертификат соответствия изделия требованиям Таможенного Союза и передавал конструкторскую документацию соответствующему заводу-изготовителю для подготовки производства, обеспечивал многостороннюю рекламу созданного объекта.

Основная причина недостаточно масштабного внедрения новой техники в последние годы, на наш взгляд, заключается в том, что отсутствует государственный документ: закон РБ о техническом обеспечении сельского хозяйства или стратегия технического обеспечения сельского хозяйства, имеющая силу закона.

Следует отметить, что в настоящее время как белорусскими, так и российскими, казахскими и другими пользователями востребован многочисленный ряд машин, разработанных нами пять, десять и двенадцать лет назад.

Еще одним существенным резервом в решении проблемы наполнения сельского хозяйства современной техникой является более глубокая его специализация.

Расчеты показывают, что уменьшение числа культур в хозяйстве с 10–12, что имеет место в настоящее время, хотя бы до 5–6 приведет к уменьшению номенклатуры техники не менее чем на 25 %. Вместе с этим исчезает или существенно снижается ряд негативов, имеющих место при эксплуатации многономенклатурного машинно-тракторного парка [9].

Резервы повышения эффективности сельхозпроизводства имеются практически на всех направлениях. Они в хороших сортах и высокопродуктивных породах скота, высокой агротехнике, обеспеченности полей удобрениями. Они также реализуются через мастерство и умение человека, погодные факторы, многое другое. Но все эти резервы определяются и могут быть реализованы только техническим арсеналом сельчанина, тем комплексом машин, с которым крестьянин работает в поле и на ферме, а это, как видим, сегодня достаточно «узкое место».

По нашему мнению, разработка и реализация предлагаемой Программы приоритетного сельхозмашиностроения – это реальный, понятный, а возможно, единственный путь изменить ситуацию к лучшему.

Список использованных источников

1. Степук, Л.Я. Чтобы пахарь радовался щедрой ниве /Л. Степук, Е. Родов // Народная газета. – 2001. –17, 18 апр.
2. Степук, Л.Я. Энергосбережение: виртуальность и реалии / Л.Я. Степук // Белорусская нива. – 2008. – 4 марта. – С. 5; 11 марта. – С. 4.; 18 марта. – С. 3.
3. Степук, Л.Я. Жизнь означает выживать / Л.Я. Степук // Белорусская думка. – 2004. – № 4. – С. 79–86.
4. Степук, Л.Я. Время собирать камни. Размышления о приоритетах в сельхозмашиностроении Беларуси / Л.Я.Степук // Агробаза. – 2007. – № 12. – С. 56–80.
5. Степук Л.Я. Разработка и реализация Программы приоритетного сельхозмашиностроения – непереносимое условие устойчивого развития сельского хозяйства в современных условиях / Л.Я. Степук // Известия Академии аграрных наук Республики Беларусь. – 2000. – № 1. – С. 81–85.
6. Маринич, Л.А. Инновационный подход к решению проблемы технического обеспечения сельского хозяйства Республики Беларусь / Л. А. Маринич, Л. Я. Степук // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-техн. конф.: в 3 т. / НППЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства. – Минск, 2014. – Т. 1. – С. 10–16
7. Гусаков, В.Г. Ресурс земли. Система мер по сохранению и повышению плодородия почв и масштабному применению системы сберегающего точного земледелия / В.Г. Гусаков, В.К. Павловский // Белорусская нива. – 2010. – 22 июня.
8. Мониторинг земель [Электронный ресурс] // РУП «БелНИЦ «Экология». – Режим доступа: http://www.ecoinfo.by/uploads/archive/Book_2015/1-soil-25-11.pdf. – Дата доступа: 28.03.2017.
9. Степук, Л.Я. Сельское хозяйство – дело всенародное. О накопившихся проблемах в отрасли, определяющей продовольственную безопасность страны и предпосылках их решения / Л.Я. Степук // Белорусская думка. – 2018. – № 3. – С. 74–81.

Н.Г. Бакач, к.т.н.

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

**ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
И 75-ЛЕТНЯЯ РОЛЬ В НЕМ НПЦ НАН БЕЛАРУСИ ПО МЕХАНИЗАЦИИ
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

Аннотация. В статье представлен краткий обзор развития механизации сельского хозяйства республики за столетний период (1921–2021 годы) и роль в этом РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства».

Ключевые слова: институт, механизация, машина, технология, научно-исследовательская работа.

Bakach N.G., PhD

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

**TECHNICAL PROGRESS IN AGRICULTURE OF THE REPUBLIC OF BELARUS
AND THE 75-YEAR ROLE OF THE SPC OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF BELARUS
FOR AGRICULTURAL MECHANIZATION IN IT**

Abstract. The article presents a brief overview of the development of mechanization of agriculture in the republic over a century period (1921–2021) and the role of the RUE “SPC of the National Academy of Sciences of Belarus on mechanization of agriculture” in this.

Keywords: institute, mechanization, machine, technology, research work.

Уровень развития сельского хозяйства любой страны зависит от состояния сельскохозяйственного машиностроения и перечня выпускаемой продукции, которая направлена на обеспечение механизации и автоматизации технологических процессов производства сельскохозяйственной продукции в агропромышленном комплексе. При этом большую роль в данном направлении играет агроинженерная наука, которая должна обеспечивать технический уровень сельского хозяйства и отвечать современным требованиям производства растениеводческой и животноводческой продукции.

Уже на протяжении 75 лет большая заслуга в техническом прогрессе сельского хозяйства Республики Беларусь принадлежит и РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства».

В данной статье отражены основные аспекты научной деятельности организации и их влияние на технический прогресс сельского хозяйства нашей страны за 100-летний период.

Если рассматривать нашу страну в дореволюционный период, то следует отметить, что сельское хозяйство находилось на крайне низком техническом уровне и велось примитивными способами – с помощью сохи, деревянной бороны, серпа, косы и цепа. Лишь помещичьи хозяйства имели конные сельскохозяйственные машины и орудия: плуги, жатки, косилки, молотилки.

Справочно. По статистическим данным за 1909 год, в сельском хозяйстве республики (Минская, Могилевская и Витебская губернии) было 220 тыс. сох и косул, 236 тыс. деревянных и 270 тыс. железных плугов, 460 тыс. борон деревянных, 334 тыс. борон деревянных с железными зубьями, 14 тыс. борон железных и 5,3 тыс. улучшенных орудий. При этом сельскохозяйственное машиностроение в стране отсутствовало [1].

После Октябрьской революции первым пятилетним планом в области сельского хозяйства ставилась основная задача – перевод мелкого и раздробленного сельского хозяйства на рельсы крупного коллективного хозяйства. Считалось, что мелкое крестьянское хозяйство не в силах принять и освоить новую технику, не в силах поднять в достаточной степени производительность труда. Поэтому единственным путем разрешения проблемы сельского хозяйства вообще и зерновой проблемы в особенности виделся путь создания крупных хозяйств, вооруженных современной техникой [1].

В постановлении Совета народных комиссаров от 1 апреля 1921 года «О сельскохозяйственном машиностроении» первым пунктом значилось: «Признать сельскохозяйственное машиностроение делом чрезвычайной государственной важности».

В связи с этим стали строиться заводы по производству тракторов, комбайнов и сельскохозяйственных машин (Сталинград, Харьков, Челябинск, Запорожье, Ростов, Ташкент и др.). В республике был построен Гомельский завод сельскохозяйственного машиностроения. При этом обеспечение колхозного производства новой технической базой осуществлялось путем создания машинно-тракторных станций, которые сыграли решающую роль в развитии производительных сил колхозной деревни и организационно-хозяйственном укреплении колхозов.

В первую пятилетку были достигнуты успехи в области индустриализации страны и реконструкции сельского хозяйства, что подготовило базу для дальнейшего развития технического прогресса в сельском хозяйстве [1].

Задачей второй пятилетки, поставленной перед сельскохозяйственным машиностроением, было освоить все виды машин и прицепного тракторного инвентаря, необходимого для осуществления дальнейшей механизации сельского хозяйства и в особенности механизации трудоемких процессов технических и пропашных культур [1].

За годы второй пятилетки техническое вооружение сельского хозяйства республики резко возросло: мощность тракторного парка МТС выросла более чем в 7 раз, что позволяло обслуживать 86,9 % посевных площадей колхозов. Значительно увеличился и машинно-тракторный парк совхозов. К концу второй пятилетки основные сельскохозяйственные работы были механизированы, что позволило улучшить обработку почвы, повысить культуру земледелия и урожайность.

В плане третьей пятилетки были намечены задачи по дальнейшему развитию сельскохозяйственного производства, его техническому оснащению и проведению электрификации сельского хозяйства. И уже в 1940 году машинно-тракторные станции страны проводили весеннюю пахоту на 64 %, подъем паров – на 60 %, вспашку на зябь – на 68 %, обмолот хлебов – на 66 % посевной площади колхозов. Особенно быстро в третьей пятилетке развивалось строительство сельских электроустановок, что обеспечивало электрификацию колхозов, машинно-тракторных станций и мастерских [1].

Задолго до окончания Великой Отечественной войны руководством страны было принято решение «О неотложных мерах по восстановлению хозяйств в районах, освобожденных от немецкой оккупации». Поэтому на освобожденной территории начали восстанавливать машинно-тракторные станции, колхозы и совхозы. И уже в 1944 году в республику было завезено 1 540 тракторов из других республик Советского Союза, оказана помощь в сельскохозяйственных машинах и орудиях, автомашинах, семенах, в завозе скота и т.д.

Кроме того, местными заводами республики только за четыре года (1945–1948 гг.) было поставлено 10 441 конных плугов, 7 632 борон «зигзаг», 5 424 конных окучников, 2 203 конных молотилок, 4 541 соломорезок и много других машин и орудий [1].

В марте 1946 г. Верховным Советом СССР был принят Закон о пятилетнем плане восстановления и развития народного хозяйства СССР на 1946–1950 годы, одной из целей которого было обеспечить дальнейший технический прогресс во всех отраслях народного хозяйства СССР, как условие мощного подъема производства и повышения производительности труда, для чего необходимо не только догнать, но и превзойти в ближайшее время достижения науки за пределами СССР.

Исходя из данной цели, в области сельского хозяйства предусматривалось: «Обеспечить конструирование и внедрение в сельскохозяйственное производство новых, более усовершенствованных тракторов, почвообрабатывающих, посевных и уборочных машин, прямоточных и са-

моходных комбайнов, комбайнов с приспособлениями для раздельного сбора соломы и половы, свеклоуборочных комбайнов, свеклопогрузчиков, хлопкоуборочных машин для сбора хлопка-сырца, машин по обработке и уборке овощных культур, а также машин для обработки семенных овощных культур и навесных сельскохозяйственных машин и орудий к тракторам. Широко организовать конструкторскую работу при заводах и научно-исследовательских учреждениях по тракторам и сельскохозяйственным машинам и по проведению государственных испытаний тракторов и сельскохозяйственных машин». А также: «Улучшить работу научных учреждений по сельскому хозяйству, поставив как основную задачу перед научно-исследовательскими учреждениями разработку мероприятий, обеспечивающих дальнейший подъем земледелия, животноводства и других отраслей сельского хозяйства, применительно к различным сельскохозяйственным зонам СССР. Обеспечить дальнейшее развитие агротехнической науки и улучшение научно-исследовательской работы в области механизации, электрификации, экономики и организации сельского хозяйства.» [2].

Для реализации этих задач в соответствии с постановлением Совета Министров БССР от 3 августа 1946 г. № 1450 в 1947 г. в системе Академии наук БССР на базе Белорусской научно-исследовательской станции механизации сельского хозяйства создается Институт механизации сельского хозяйства.

Научно-исследовательская работа Института механизации сельского хозяйства АН БССР носила комплексный характер и была направлена на изучение и усовершенствование технологических процессов и рабочих органов существующих сельскохозяйственных машин; разработку новых конструкций сельскохозяйственных машин и внедрение их в производство; разработку вопросов эксплуатации машинно-тракторного парка в условиях БССР. В течение 1947–1950 гг. Институтом разработано и рекомендовано производству около 30 конструкций новых и усовершенствованных машин и орудий, большинство из которых прошли государственные испытания и были приняты в серийное производство союзной промышленностью.

В 1951 году, согласно постановлению ЦК КП(б)Б и Совета Министров БССР «О мерах по дальнейшему развитию научно-исследовательской работы в области механизации и электрификации сельского хозяйства», круг научных задач Института значительно расширился в области не только механизации, но и электрификации сельского хозяйства республики. Поэтому Институт механизации сельского хозяйства был переименован в Институт механизации и электрификации сельского хозяйства АН БССР.

Пятым пятилетним планом на 1951–1955 годы был определен дальнейший рост сельскохозяйственной техники и механизации сельского хозяйства, им было установлено: «Завершить механизацию основных полевых работ в колхозах, широко развернуть механизацию трудоемких работ в животноводстве, овощеводстве, садоводстве, работ по транспортировке, погрузке и разгрузке сельскохозяйственной продукции, по орошению, осушению заболоченных угодий и освоению новых земель.

Довести к 1955 году уровень механизации: пахоты, посева зерновых, технических и кормовых культур до 90...95 %, уборки зерновых культур комбайнами до 80...90 %, уборки сахарной свеклы до 90...95 %, посева и уборки льна-долгунца до 80...90 %, посадки, междурядной обработки и уборки картофеля до 55...60 %, сенокосения и силосования до 70...80 %.

Увеличить к концу пятилетки мощность тракторного парка МТС примерно на 50 %, особенно пропашных тракторов с навесными орудиями для междурядной обработки сельскохозяйственных культур.» [3].

По мере укомплектования научными сотрудниками и специалистами Институт развернул работу по созданию новых и усовершенствованию существующих конструкций сельскохозяйственных машин и орудий для механизации трудоемких процессов и внедрению их в промышленное и сельскохозяйственное производство, разработке вопросов рациональной эксплуатации машинно-тракторного парка в условиях БССР, развитию экспериментально-теоретических исследований в области земледельческой механики и пр. [4]

Сельское хозяйство получало много новых машин для возделывания технических культур и картофеля, животноводства, мелиоративных и культуртехнических работ и др. И к 1955 году

МТС республики выполняли более 75 % полевых работ в колхозах. Почти полностью была механизирована пахота, сев зерновых культур механизирован на 81 %.

С 1956 года в Республике Беларусь началась опытная работа по осуществлению комплексной механизации возделывания картофеля, уборки зерновых культур, улучшения лугов и пастбищ, процессов на животноводческих фермах, осушения и первичного освоения болот и заболоченных земель, заготовки и вывозки торфа на удобрения, теплофикации и теплоснабжения внутри усадебного сельскохозяйственного производства и др.

Несмотря на недостаток научных кадров и отсутствие необходимой научно-материальной базы, уже к 1957 году Институт разработал более 80 различных конструкций сельскохозяйственных машин и орудий и приспособлений к ним, из которых около 40 конструкций к тому времени были внедрены или рекомендованы к внедрению в массовое, серийное и опытно-серийное производство.

Так, в технологии производства картофеля с целью увеличения загрузки на то время тракторов ДТ-54 и МТЗ-2 Институт предложены шестирядная квадратно-гнездовая картофелесажалка СКГ-6 (рис. 1) и шестирядный культиватор-окучник КОН-4,2П, обеспечивающие более полное использование мощности тракторов.

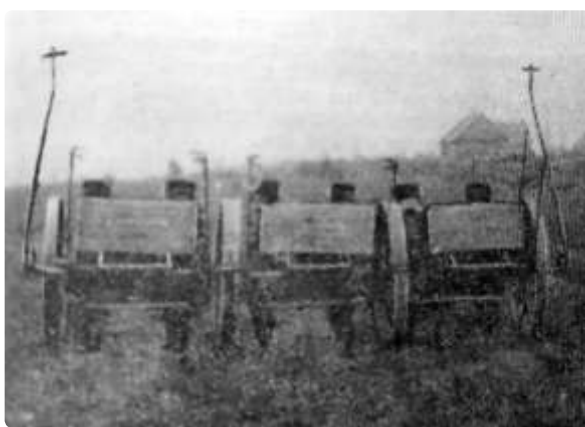


Рис. 1. Картофелесажалка шестирядная СКГ-6

Кроме того, были созданы более совершенные картофелеуборочные комбайны КМ-2 (рис. 2) и КК-2М, обеспечивающие меньшую повреждаемость клубней картофеля в сравнении с аналогичными выпускаемыми комбайнами.



Рис. 2. Картофелеуборочный комбайн КМ-2

Наряду с этим Институт проводил исследования процессов осушения и освоения болот и заболоченных земель, по результатам которых были разработаны и внедрены в производство канавокопатели КМ-800, КМ-1000, КМ-1200, КМ-1400 и КМ-1400М для прокладки открытой осушительной сети, а также кавальероразбрасыватели непрерывного действия КР-4,5 и прерывного действия ГРК-3,4, дренажно-котовые машины ДКН-2 и ДКС-80, специальные болотные плуги ПФ-120, ПБУ-120 и ПБЯ-56, обеспечивающие глубину пахоты до 50 см.

В 1954 году начинается освоение целины, и в 1956 году Институт разработал новый двухкорпусный болотный плуг, предназначенный как для подъема целины, так и для перепашки уже освоенных торфяников. А сцепка плуга с батареей тяжелой дисковой бороны БДТ-2,2 давала хорошо подготовленную почву для укладки и посева.

В этот период Институт также уделяется большое внимание механизации трудоемких процессов на животноводческих фермах, где были разработаны и внедрены в производство высокопроизводительные кормоприготовительные комбайны КПК-1,5 и КПК-2,5, а также размольно-смесительный агрегат, оборудование для обработки грубых кормов и паровые котлы кормозапарников низкого давления КМ-1300 и КМ-1600 и другие.

В 1956–1957 годы сельское хозяйство республики получило значительное количество новой техникой. К концу 1957 года МТС страны имели 42,5 тыс. тракторов в 15-сильном исчислении, 11 тыс. зерновых самоходных комбайнов, 19,4 тыс. сеялок, 22,6 тыс. культиваторов, 3,7 тыс. льноуборочных машин, 5,3 тыс. картофелеуборочных машин и много других сельскохозяйственных машин и орудий. [1]

В семилетнем плане развития народного хозяйства на 1959–1965 годы указывалось: «Одним из решающих условий выполнения заданий по развитию сельского хозяйства является всемерное расширение механизации и электрификации производства, дальнейшее оснащение колхозов и совхозов передовой техникой». [1].

Институт также включился в данную работу: разработал на новых принципах высокопроизводительную технику, объединил существующую и новую технику в поточные линии, на основе которых были созданы механизированные свиноводческие фермы и фермы крупного рогатого скота. Кроме того, в связи с выпуском новых более мощных тракторов МТЗ-80, МТЗ-82 и ДТ-75 в данный период велись работы по разработке навесной и прицепной техники к данным тракторам. Так, промышленным предприятиям для освоения производства были переданы машины для заготовки, приготовления и внесения местных органических удобрений (навоза, торфа, компостов), плуги 4-х и 5-ти корпусные, дисковая борона и лушительник, прицепы-разбрасыватели, сеялки туковые, гербицидно-аммиачные машины и др. [5].

В 70-е годы XX столетия в производстве сельскохозяйственной продукции основной задачей становится развитие Нечерноземной зоны СССР, и основная роль в механизации и электрификации технологических процессов была возложена на Белорусский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства, который в октябре 1961 г. был преобразован в Центральный научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства Нечерноземной зоны СССР.

Уже в тот период, являясь крупным научным центром, Институт успешно решает многие научные и технические проблемы в области механизации сельского хозяйства. Прделана значительная работа по использованию тракторов и сельскохозяйственных машин, механизации земледелия и животноводства, мелиоративных и культуртехнических работ, электрификации и теплоснабжения.

В сельскохозяйственное производство было внедрено 95 работ, в том числе 31 наименование машин, приспособлений и оборудования, 18 технологий и 46 других разработок. Выпускаются большими партиями и дают значительный народнохозяйственный эффект корчеватель-собира-тель МП-2А (Д-695А) (рис. 3), лыжа-самосвал ЛС-4 для вывозки с сельхозугодий валунных камней, ботвоуборочная машина БМ-6 и др. [5].



Рис. 3. Корчеватель-сборатель с гидроуправляемыми клыками МП-2А, смонтированный на тракторе Т-100МБГП

Экономический эффект от внедрения научных разработок, приходящихся на Институт за 1971–1975 годы, составил 56 млн руб. (в ценах по состоянию на 01.09.1976). В данный период были разработаны и внедрены в производство разбрасыватели жидких органических удобрений РЖТ-4, РЖТ-8 и РЖТ-16 (рис. 4). Механизация технологических процессов внесения удобрений наряду с разработкой машин потребовала и строительства завода для их выпуска. Так, в 1974 году был введен в эксплуатацию Бобруйский завод машин для внесения удобрений, на котором к концу 1975 г. было выпущено 250 единиц разбрасывателей жидких органических удобрений РЖТ-8. Годовой экономический эффект от внедрения одного разбрасывателя составлял 1 610 руб.

Основными направлениями развития сельского хозяйства на 1976–1980 годы было определено: «Продолжить техническое перевооружение сельского хозяйства, внедрение поточно-индустриальных методов производства и прогрессивной технологии. Предусмотреть дальнейший ускоренный рост энерговооруженности, повышение уровня механизации сельскохозяйственных работ». [6]

На тот момент в стране прочно сложился многокомпонентный рацион кормления крупного рогатого скота, в состав которого входили силос, солома, корнеплоды и комбикорма (концентраты). Для обеспечения требуемого рациона кормления в виде готовых кормосмесей Институт был разработана поточная технология приготовления различных кормосмесей для разных

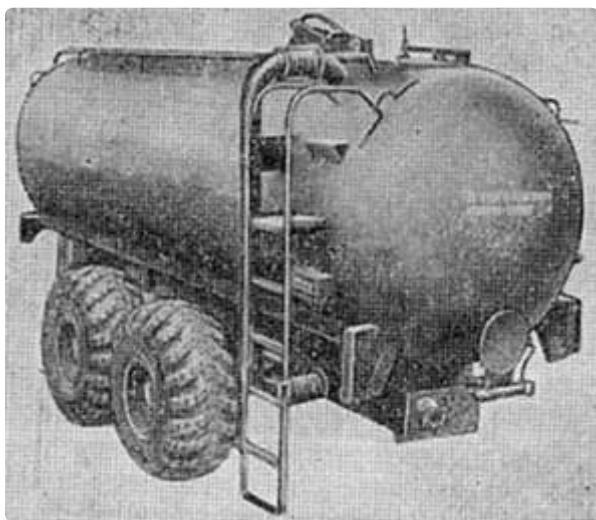


Рис. 4. Разбрасыватель жидких органических удобрений РЖТ-16

групп животных. В состав поточных линий входил созданный Институт измельчитель-смеситель кормов непрерывного действия ИСК-3 и его модификации. Техническая новизна машины была защищена несколькими авторскими свидетельствами на изобретения. Машина получила самое широкое распространение на территории бывшего СССР и за его пределами. Было выпущено более 130 тыс. машин, а на международной выставке в г. Брно она была удостоена золотой медали.

Эффективность сельскохозяйственной науки и производства в республике в 1970–1980-е годы, без сомнения, выросла. В то же время в целях концентрации научных сил на решении важнейших проблем агропромышленного комплекса и реализации Продовольственной программы БССР, обеспечения необходимых

условий для развертывания научно-исследовательских работ и производственной проверки их результатов начиная с 1983 года в стране был сформирован ряд научно-производственных республиканских объединений, в т.ч. НПО «Белсельхозмеханизация», главными организациями в которых выступали соответственно научно-исследовательские институты, и все НПО в организационном, методическом и административном плане находились в ведении Главного управления по научному обеспечению развития агропромышленного комплекса Госагропрома БССР.

Это позволило создать и внедрить в производство гамму комбинированных чизельных культиваторов КЧ-5,1, КЧН-5,4, КЧН-1,8, АЧУ-2,8, которых было выпущено более 10 тыс. единиц; разбрасыватели минеральных (РШУ-12) и органических (ПРТ-7) удобрений, грабли ГВЦ-3 (около 50 тыс. единиц) и много другой техники. [7]

В 1990-е годы белорусская наука столкнулась со многими проблемами, которые в той или иной степени были характерны для развития всей научно-технической отрасли. Основными признаками кризисного состояния являлись резкое падение спроса на научно-технические разработки со стороны производства и сокращение государственной поддержки научных исследований.

С провозглашением независимости Беларуси возникла необходимость приведения научно-технической системы в соответствие с потребностями и возможностями белорусского государства. От Института требовалось научное обеспечение агропромышленного комплекса страны и ускорение научно-технического прогресса в сельском хозяйстве.

В 1999 году Институт переименован в Государственное предприятие «Белорусский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства». В этот период активизируются научные и производственные контакты с иностранными фирмами, такими как «Riela» (создаётся зерносушилка), «Beinlich» (разработана установка дождевальная УД-2500), «Grimme» (разработана сажалка картофеля полунавесная СК-4) и другими. Кроме того, в рамках Союзного государства были реализованы две совместные российско-белорусские научно-технические программы «Лён» и «Молоко».

Реализация программы «Молоко» внесла существенный вклад в теорию и практику механизации животноводства. Были разработаны и освоены в производстве отечественные автоматизированные установки для доения коров в залах семейства УДА (М), УДЕ, тип «Елочка», УДА-8Т, тип «Тандем» (рис. 5) и УДП-24, тип «Параллель», не уступающие по основным показателям лучшим мировым аналогам. Установки отмечены дипломами на международных выставках, в т.ч. «Золотая осень», г. Москва (2003 г., 2004 г.), г. Харбин, Китай (2006 г.), и были включены в основной перечень оборудования для технологического переоснащения молочно-товарных ферм и комплексов республики в рамках Государственной программы возрождения и развития села на 2005–2010 годы.



Рис. 5. Автоматизированная установка для доения коров в залах «Тандем»

В 2006 году, во исполнение Указа Президента Республики Беларусь от 18 апреля 2006 г. № 242 «О создании научно-практических центров Национальной академии наук Беларуси и некоторых мерах по осуществлению научной деятельности», РУНИП «ИМСХ НАН Беларуси» было реорганизовано в Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства».

С этого периода начинается новая веха в научной деятельности Института. Только в 2006 – первом полугодии 2007 гг. по его разработкам машиностроительными предприятиями республики выпущено продукции на сумму более 82 млн долл. США, в том числе в 2006 году – свыше 47 млн долл. США, а в первом полугодии 2007 года – свыше 35 млн долл. США. Также в 2006 г. передано на предприятия 14 комплектов технической документации.

Одновременно с 2006 года Институтом осуществляется разработка и ведение Системы машин, которая обновляется каждые 5 лет с учетом технологий производства сельскохозяйственной продукции и проходит утверждение в Совете Министров Республики Беларусь. Разработка и ведение Системы машин – это большая плановая стратегия, требующая четкой организационно-правовой базы, позволяющей разрабатывать сельскохозяйственные машины на высоком научно-техническом уровне, сравнивать наши достижения в создании техники с зарубежными.

На текущий момент совместно с Министерством промышленности и Министерством сельского хозяйства и продовольствия разработана и одобрена Советом Министров Республики Беларусь Система перспективных машин и оборудования для реализации эффективных технологий производства и первичной переработки основных видов продукции растениеводства и животноводства на 2021–2025 годы и на период до 2030 года, которая оценивает достигнутый уровень и определяет перспективы применения системы эффективных технологий и перспективных средств механизации в растениеводстве и животноводстве с целью создания и освоения новой техники и модернизации существующей номенклатуры выпускаемых машин и оборудования для продвижения ее на внутренний и внешние рынки.

Подводя итоги деятельности организации, мы видим, что перед Институтом и координируемыми им организациями лежит долгий 75-летний путь творческого труда, сложной и разносторонней научной жизни, захватывающей своими перспективами. Это путь поисков научных принципов, методов преодоления старого, раскрытия и утверждения нового, дальнейшего повышения уровня исследований, развития и применения оправдавших себя прогрессивных методов комплексности в научной работе. В то же время следует стремиться, чтобы экспериментальные и теоретические исследования, рост и подготовка научных кадров, разработка техники и внедрение ее в производство были еще более органично увязаны и составляли единый процесс научной деятельности.

Список использованных источников:

1. М.Е. Мацепуро. Комплексная механизация сельскохозяйственного производства Белорусской ССР. Государственное издательство БССР. Редакция сельскохозяйственной литературы. – Минск, 1959. – 451 с.
2. Закон о пятилетнем плане восстановления и развития народного хозяйства СССР на 1946–1950 гг. – ОГИЗ. Госполитиздат. – Ленинград, 1946. – 108 с.
3. Директивы XIX съезда партии по пятому пятилетнему плану развития СССР на 1951–1955 годы. – М. : Госполитиздат. – 1952.
4. Труды научно-технической конференции 1956 года. Под ред. академика АН БССР М.Е. Мацепуро и к.т.н. В.В. Кацыгина. Государственное издательство БССР. Редакция сельскохозяйственной литературы. – Минск, 1958. – 691 с.
5. Машины и оборудование конструкции ЦНИИМЭСХ, выпускаемые промышленностью. Каталог. ЦНИИМЭСХ. – Минск, 1976. – 108 с.
6. Основные направления развития народного хозяйства СССР на 1976–1980 годы. – М. : Политиздат. – 1976. – 56 с.
7. Государственное предприятие «Белорусский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства». – Минск : Полиграфическое предприятие Управления делами Президента Республики Беларусь, 1997. – 48 с.

Л.Я. Степук, доктор техн. наук, профессор

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

**ДОКАЗАТЕЛЬСТВА НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ
И РЕАЛИЗАЦИИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОГРАММЫ
ПРИОРИТЕТНОГО СЕЛЬХОЗМАШИНОСТРОЕНИЯ**

...В белорусской аграрной сфере сохраняется ряд внутренних проблем как экономического, так и социального характера, решать которые необходимо с опорой на науку.

(Из выступления А.Г. Лукашенко на II съезде ученых Республики Беларусь)

Доказано, что важнейшими ресурсами нашего сельского хозяйства являются средства химизации земледелия, включающие минеральные и органические удобрения, известковые материалы и пестициды, уровень применения которых определяет результативность всего земледелия, а значит, и животноводства страны. Показаны причины, из-за которых не полностью реализуется потенциал названных средств химизации, главной из которых является количественное и качественное несоответствие парка машин требуемым объемам работ. Сообщается, что в Беларуси созданы отечественные высокоэффективные комплексы таких машин, ранее не выпускавшиеся в стране, без которых не могут быть материализованы в полной мере никакие, самые выдающиеся достижения аграрных и иных наук, работающих на сельское хозяйство.

Продовольственная безопасность нашей страны полностью зависит от уровня хозяйствования на земле. Земля – это прежде всего почва, главный ресурс нашего государства, его главное богатство.

Здесь считаю абсолютно уместным привести высказывание по поводу почвы известного селекционера и новатора сельского хозяйства СССР, дважды Героя Социалистического труда Т.С. Мальцева. Более полувека назад он сказал следующее: «В цепи нашей жизни осталось единственное звено, ухватившись за которое, можно не потерять надежду на выживание человечества. Это звено – почва, ее плодородный пласт. Тоненькая, всего в несколько сантиметров, пленочка кормит нас» [1].

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

Достаточно сказать, что, например, Голландия, которая не очень сильно отличается по природно-климатическим условиям, а по территории почти в 8 раз меньше Беларуси, в 2008 году экспортировала всех видов сельскохозяйственной продукции на 52 млрд долл. США, а в 2016 году продовольственный экспорт ее составил уже 85(!) млрд евро [2].

Сельское хозяйство, по существу, является первичным во всем народнохозяйственном комплексе республики. Оно характеризуется высокой технологической и экономической интеграцией с промышленными отраслями, производящими основные фонды, с пищевой и легкой индустрией; является самым массовым заказчиком и потребителем продукции всего машиностроительного комплекса, строительной сферы и многих других. Совершенно очевидно, что если ухудшается социально-экономическая ситуация в сельском хозяйстве, то она ухудшится и во всех перечисленных отраслях народного хозяйства.

Если государство рассчитывает быть сильным, оно непременно должно заботиться о крестьянстве. Богатый крестьянин – богатое и сильное государство. Плохо крестьянину – плохо и государству. Все ушедшие цивилизации (Египет, Греция, Рим) были сильны и могущественны до тех пор, пока у них процветало земледелие. Если на столе имеется здоровая полноценная пища, значит, будет здоровая и сильная нация, а здоровье нации – это безопасность страны.

К сожалению, сельское хозяйство, как представляется мне, человеку, посвятившему всю жизнь его служению, не стало общей заботой.

Приглашение к обсуждению и анализу накопившихся проблем в сельском хозяйстве и путей их решения адресовано не только профессионалам. Оно также позволит неискушенному в данной тематике читателю более внимательно вникнуть в представленный ниже материал и изменить мнение о селе и отношении к тем людям, которые работают в нашем сельском хозяйстве и кормят их.

Начнем с задач, отнесенных руководством нашей страны к числу наиболее приоритетных: сохранение и приумножение плодородия почв, применение новейшей техники и технологий, обеспечивающих его постоянное воспроизводство.

Однако похоже, что эти задачи остаются приоритетными скорее на бумаге, чем на практике. Так, по официальным данным, еще на 01.01.2009 в 70 районах республики наметилась тенденция повышения кислотности почв, в 69 районах отмечен отрицательный баланс гумуса, в 47 районах произошло снижение содержания фосфора, в 45 районах – калия [3]. На данный момент подкисление почв отмечается уже в 94 районах республики, а снижение содержания гумуса в почве – в 70 районах [4].

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

Что же нам надо сделать, чтобы улучшить ситуацию в сельском хозяйстве страны в кратчайшие, по возможности, сроки? Чтобы ответить на этот вопрос, необходимо рассмотреть основные причины и упущения, устранение которых позволит изменить эту ситуацию к лучшему.

Прежде всего, необходимо всем нам, всему народу понять и закрепить в умах стержневое, приоритетное значение сельскохозяйственной отрасли страны. Для этого категорически надо перестроиться средствам массовой информации, включая радио и телевидение, в программах которых, на мой взгляд, селу уделяется недостаточное внимание.

Теперь о конкретных, предметных причинах.

Важнейшими ресурсами нашего сельского хозяйства, с помощью которых формируется плодородие почв, а следовательно, и урожай всех сельскохозяйственных культур, возделываемых в республике, являются средства химизации земледелия, включающие минеральные и органические удобрения, известковые материалы и пестициды. В совокупности в последние годы ежегодное их применение оценивается в объеме, превышающем один миллиард долларов США.

Забегая вперед, следует твердо заявить, что наведение порядка в данной сфере, разумное применение этого ресурса объективно явится прорывным направлением в оздоровлении всего сельского хозяйства. Без этого, как будет показано ниже, существенно изменить к лучшему ситуацию в растениеводстве, а следовательно, и в животноводстве страны будет проблематично, если вообще возможно.

Один килограмм действующего вещества минеральных удобрений (NPK) в условиях Республики Беларусь должен окупаться 8–10 кг зерна. Пестициды, при хозяйском их применении, должны приносить на вложенный 1 долл. США не менее 10 долл. чистого дохода. Применение известковых материалов – неперемное условие повышения плодородия почв, эффективности применяемых минеральных и органических удобрений. Каждая тонна органических удобрений (навоза) должна окупаться не менее чем 25 кг зерна, а общая прибавка должна составлять 1 млн тонн зерна. Однако на практике потенциальные возможности перечисленных средств химизации земледелия на протяжении многих лет реализуются не в полной мере.

Применение минеральных удобрений в объеме 1,7 млн тонн действующего вещества в идеале должно окупиться, в пересчете на зерновой эквивалент, по минимуму в объеме 13,6 млн тонн ($1\,700\,000\,000\text{ кг} \times 8 = 13,6\text{ млн тонн}$).

Применение органических удобрений в объеме 40 млн тонн должно дать 1 млн тонн зерна ($40\,000\,000 \times 0,025 = 1\,000\,000\text{ тонн}$).

Наведение порядка в сфере известкования почв позволит получать ежегодно экономический эффект в 45 млн долл. США [5].

Хозяйское применение химических средств защиты растений позволит сохранить до 30 % урожая сельскохозяйственных культур.

Приведенные цифры, характеризующие потенциал ежегодно применяемых в республике средств химизации, свидетельствуют о реальной возможности повысить результативность сельского хозяйства почти в 2 раза, не увеличивая объемов, – только за счет грамотного их применения.

Вот почему в современном мире, в том числе и в Беларуси, средства химизации земледелия следует рассматривать в качестве главного материального ресурса сельского хозяйства. Приоритетность их подтверждает анализ технологий возделывания практически всех сельскохозяйственных культур, свидетельствующий, что в них от 50 до 70 % технологических процессов связаны с применением вышеупомянутых ресурсов. Поэтому комплексы машин для применения средств химизации, в отличие от всех остальных, имеют максимальную годовую загрузку, так как используются с ранней весны до поздней осени. Именно эти машины являются урожаеобразующими, урожаесохраняющими и обеспечивающими повышение плодородия почв. Следовательно, сельскохозяйственные предприятия должны быть обеспечены ими под полную потребность, безусловно, чего бы это ни стоило. Но этого пока нет.

Теперь поговорим о причинах недобора и потерь продукции и подтвердим справедливость сделанного заявления.

Причина 1. Наличие кислых почв. Известкование кислых почв в Беларуси проводится уже более 50 лет, начиная с 1965 года. С 1970 по 1990-е гг. ежегодно в республике вносили на площади 1 млн га по 5–6 млн тонн известкового материала, который вырабатывал комбинат «Доломит», построенный в первой половине 1960-х годов под Витебском.

С 2011 по 2015 гг. в республике необходимо было ежегодно известковать около 470 тыс. га кислых почв, для чего требовалось использовать 2,2 млн тонн CaCO_3 . В последнее время известкуется только 50–60 % кислых почв от потребности, рекомендуемой агротехнической наукой [5]. Это объясняется количественным и качественным несоответствием парка машин для применения известковых материалов, невыполнением плановых заданий по известкованию кислых почв как по этой причине, так и из-за недостаточного финансирования работ, дефицитом складов для хранения пылевидных химмелиорантов.

Именно эти причины в настоящее время привели к повышению кислотности почв более чем в 90 районах республики [4], вследствие чего мы ежегодно недобираем сельскохозяйственной продукции на сумму 45 млн долл. США [6].

Для технического решения данной проблемы нами разработана самоходная (на базе шасси МАЗ-631705) машина химизации МХС-10 и прицепная МШХ-9. Эти машины прошли все виды испытаний и рекомендованы к постановке на производство. Однако по существу на серийное производство они не поставлены. ОАО «Управляющая компания холдинга «Бобруйскагромаш» изготовило по своей инициативе 8 ед. МХС-10 и около 30 ед. МШХ-9, из которых 15 были поставлены в Венесуэлу (машина МХС-10 на выставке «Золотая осень – 2010» в г. Москве награждена золотой медалью).

Если не принять срочных мер для решения данной проблемы, ситуация может принять необратимый характер на многие годы.

Причина 2. Из-за неравномерного внесения минеральных удобрений потери (недобор) урожая зерна с каждого гектара составляют от 2 до 4 центнеров и более. По этой причине в масштабе республики ежегодно недополучаем минимум ($2500\text{ тыс. га} \times 0,3\text{ т} = 750\text{ тыс. тонн зерна}$). И это без учета издержек от неравномерного внесения известковых материалов и органических удобрений.

Следует напомнить заинтересованному читателю, что прибавка урожая от применения удобрений находится в прямой зависимости от качества их внесения. Иными словами, повышение неравномерности (коэффициента вариации) на 1 % снижает прибавку урожая на 1 %, и наоборот.

Основной парк машин для внесения удобрений в республике – центробежные разбрасыватели, которые практически не обеспечивают требуемого качества их распределения. Но и ими село обеспечено не более чем на 50 %.

Что касается машин для внесения подкормочных доз азотных удобрений, то таковые на практике отсутствуют, хотя нами они разработаны (РШУ-18). Однако пока производство их не освоено. Из-за отсутствия этих машин на полях мы недобираем более 500 тыс. тонн зерна.

Причина 3. Из-за несоблюдения оптимальных агротехнических сроков подкормки только зерновых и зернобобовых культур азотными удобрениями недобор урожая по стране составляет как минимум 390 000 тонн.

Известно [7], что потери (недобор) зерна, вызванные сдвигом оптимального срока только одной подкормки на 3 дня, составляют 1,5 ц с гектара, а в расчете на весь зерновой клин (2,5 млн га) – 375 тыс. тонн.

Подкормку же необходимо за период вегетации проводить 2–3 раза. Поэтому возможен в 2–3 раза больший недобор урожая.

Несоблюдение оптимальных агротехнических сроков подкормки вегетирующих культур является следствием нехватки машин для их внесения, даже навесных центробежных разбрасывателей. Хотя, если подходить строго, использовать такие разбрасыватели на выполнении данной операции нельзя, так как они не обеспечивают требуемого качества распределения не только азотных удобрений (не более 10 %), но и калийных и фосфорных (не более 20 %)

В соответствии с рекомендациями РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию», оптимальной для республики является следующая продолжительность выполнения полевых работ в конкретные календарные сроки: лущение стерни – 10 дней; подъем зяби – 20; сплошная культивация почвы – 6 дней; посев зерновых, кукурузы и сахарной свеклы – 5; посадка картофеля – 10 дней; уборка зерновых и кукурузы на силос – 10; картофеля и сахарной свеклы – 25 дней. Фактическая продолжительность проведения полевых работ отличается от рекомендуемых агросроков в 1,5–2,0 раза и более.

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

Причина 4. В результате масштабного эксперимента было установлено, что потери минеральных удобрений на пути от завода до поля составляли в среднем по республике около 10 %. В том числе на прирельсовых базах разгрузки и приема удобрений потери составляли более 0,5 %, а это тысячи тонн [8, 11].

Причина – отсутствие разгрузчика удобрений из крытых вагонов.

Что касается сохранности минеральных удобрений в сельскохозяйственных предприятиях, то там ситуация еще более критическая. Об этом свидетельствуют результаты проверок Комитетом государственного контроля Республики Беларусь и областными комитетами госконтроля состояния складского хозяйства системы РО «Белагросервис» и складских помещений для хранения минеральных удобрений в сельскохозяйственных предприятиях [9, 10].

Такая ситуация, можно утверждать без риска оказаться неправым, имеет место во всех регионах республики. Если вспомнить, что 1 кг НРК должен окупаться 8–10 кг зерна, то каждому станет ясно: проблема сохранности минеральных удобрений является чрезвычайно важной.

По существу, данная проблема носит хронический характер, она никогда в Беларуси не была решена полностью, а с учетом износа строительной части и внутрискладского оборудования в последние годы еще более усугубилась [3].

Совершенно очевидно, что нам не под силу в настоящее время строить заново железобетонные склады. Поэтому по заданию ЦНИИМЭСХ Нечерноземной зоны СССР (в настоящее время – РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства») бывшей проектной организацией «Белгипросельхоз» еще в 1984 г. разработаны типовые проекты раздвижных скла-

дов для хранения минеральных удобрений на 1000 и 1500 тонн (ТП-705-1-178.85). Строительная часть этих складов выполнена в основном из относительно дешевых деревянных конструкций, что позволяет строить их хозяйственным способом и использовать в качестве внутрискладской механизации погрузо-разгрузочную технику общего назначения [11].

Причина 5. Проблемы в пестицидной сфере. Рост урожайности сельскохозяйственных культур у ведущих мировых агропроизводителей прямо пропорционален объемам применяемых химических средств защиты растений. Достоверен этот факт и для Республики Беларусь, о чем свидетельствуют следующие цифры.

Согласно данным РУП «Институт защиты растений» НАН Беларуси, из-за существующих недостатков в сфере применения химических средств защиты растений (приведем чуть ниже) мы недополучаем 20 % зерна, 30 % картофеля, 5–7 % сахарной свеклы.

С учетом вышеприведенных процентов недополученный урожай в 2013 г. составил: зерна – 1520 тыс. тонн, картофеля – 270 тыс. тонн, сахарной свеклы – 215 тыс. тонн.

В Беларуси в настоящее время насчитывается примерно 4000 опрыскивателей при потребности более 8000. Что касается приборного обеспечения химзащитных работ, то оно нами разработано, но выпуск данной аппаратуры пока не налажен. Абсолютно ясно, что при такой обеспеченности опрыскивателями и приборами эффективно применить пестициды не представляется возможным. Ибо невозможно выполнить обработку вегетирующих сельскохозяйственных культур в оптимальные агротехнические сроки и, как следствие, невозможно обеспечить высокое качество выполнения технологического процесса.

Для сравнения. В Германии в 2010 г. на 12 млн га пашни приходилось 30 тыс. опрыскивателей, на 1 опрыскиватель – 400 га. У нас же – 1200 га на один опрыскиватель.

Причина 6. О наличии проблем в сфере применения органических удобрений красноречиво свидетельствует устойчивая тенденция снижения содержания гумуса в почве в 70 районах республики [3, 4]. А дело в том, что в сельхозпредприятиях республики количество машин для внесения твердых органических удобрений за последние 10 лет уменьшилось на 843 ед., машин для внесения твердых минеральных удобрений – на 654 ед., опрыскивателей – на 150 ед. По сравнению с 1991 г. количество этих машин уменьшилось в 3–5 раз (табл.). Хотя и в то время избытка этой техники не было.

Что касается полужидкого навоза, которого накапливается в течение года примерно 10 млн тонн [3], то его отвозят от ферм, но в почву практически не вносят из-за отсутствия специальных машин, которые нами разработаны, но серийный выпуск их тоже пока не налажен.

Поступление и выбытие техники для внесения удобрений и пестицидов в 2006–2015 годах

Машины	На 01.01.1991	На 01.10.2016, всего / исправ- ных	В 2006–2015 гг.		В 2015 г. по сравнению с 2006 г.	Потребность
			поступило	выбыло		
для внесения твердых минеральных удобрений	17 500	5703 / 4988	1034	1688	–654	10 000
для внесения твердых органических удобрений	22 600	5499 / 4822	702	1545	–843	12 000
для внесения жидких органических удобрений	9500	3203 / 2542	нет данных	нет данных		10 000
Опрыскиватели тракторные	8000	4019 / 3461	1266	1416	–150	8500

Некоторые могут объяснять снижение количества техники тем, что в последние годы появились большегрузные машины для внесения минеральных и органических удобрений. Да, это так, но они составляют всего 6–9 % парка и потому «погоды» не делают.

Аналогично обстоят дела и по остальным позициям системы машин. А это означает, что внесение и органических удобрений не всегда осуществляется в оптимальные агротехнические сроки из-за дефицита соответствующей техники, в результате чего они несвоевременно заделываются в почву, что приводит к их высыханию и потере удобрительного и, разумеется, экономического эффекта.

Таким образом, небрежное хранение и применение таких средств химизации, как пестициды, минеральные и органические удобрения, известковые материалы, в условиях дефицита техники является причиной недобора более 4,0 млн тонн зерна, большого количества сахарной свеклы, картофеля и другой сельскохозяйственной продукции. Это все следствие того, что валовой продукт сельского хозяйства снижается прямо пропорционально сокращению машинно-тракторного парка [12]. В республике этот процесс продолжается с середины 1990 годов. Это обстоятельство должно вызывать у всех нас большую тревогу.

Безусловно, механизация является решающим фактором успешного развития современного сельскохозяйственного производства. И тот факт, что по ряду позиций выбытие техники уже многие годы превышает поступление ее в хозяйства, говорит о необходимости поиска новых подходов, разработки новых концепций, принятия новых законов о техническом обеспечении сельского хозяйства, об инженерной службе в АПК. Ибо мы не в состоянии в короткое время обеспечить все сельское хозяйство техникой под полную потребность. Поэтому нужно разработать и реализовать программу приоритетного машиностроения, суть которой автором излагалась во многих публикациях [13, 14, 15].

Огромные потери зерна происходят при уборке, в процессе послеуборочной доработки и его хранения.

Согласно данным Национального статистического комитета Республики Беларусь, на 01.01.2017 в республике насчитывалось 9937 комбайнов. На 1000 га посевов зерновых приходится 5 комбайнов. Учитывая мелкоконтурность наших полей, неустойчивые погодные условия, такого количества комбайнов для условий Беларуси, безусловно, очень мало.

Для сравнения: в целом по Евросоюзу на 1000 га зерновых культур в конце 1990 гг. имелось 17 зерновых комбайнов, в США – 18, во Франции – 14, в Великобритании – 14 [16].

Суммарные потери зерна в технологической цепи «поле – ток» от собранного урожая составляют примерно 1300 тыс. тонн.

Общие потери только зерна от недоиспользования потенциала применяемых средств химизации, с учетом потерь при уборке и послеуборочной обработке, превышают 4,0 млн тонн. При этом непроизводительно расходуется большое количество дизельного топлива [17].

Здесь следует подчеркнуть, что автором показаны не все, а основные нерешенные проблемы, главным образом технического плана, имеющие место в земледелии нашей страны. При этом не ставилась задача абсолютно точно рассчитать все недоборы и потери сельскохозяйственной продукции, нерациональное использование энергетических и иных ресурсов. Хотя за порядок цифр автор готов отвечать. Цель данной публикации – обратить внимание руководителей АПК различного уровня на наличие достаточно сложных, нерешенных, ставших уже хроническими проблем в сельхозпроизводстве. Но особую тревогу вызывает ухудшающаяся ситуация с техническим обеспечением сельского хозяйства. А без этого, кстати сказать, не могут быть реализованы в полной мере никакие достижения аграрной и иных наук, работающих на сельское хозяйство.

Без решения озвученных, десятки лет существующих проблем в принципе невозможно ускоренное возрождение нашего села. Ибо без этого труд крестьян, работников АПК будет напоминать в какой-то мере сизифов труд.

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» совместно с промышленными предприятиями республики разработана своя отечественная система машин для растениеводства и животноводства, включающая и комплексы машин для эффективного применения минеральных и органических удобрений, известковых материалов и пестицидов [18]. То есть технические предпосылки к решению озвученных выше проблем созданы.

Республика Беларусь располагает мощным промышленным потенциалом, способным выпускать эти комплексы в объемах, требуемых не только для внутреннего рынка, но и на экспорт.

Учитывая приоритетность, государственную значимость, многогранность, масштабность и запущенность рассмотренных проблем, становится очевидным: невозможно реализовать в ближайшей перспективе всю Систему машин даже при огромной поддержке государства, без которой, разумеется, не обойтись. Поэтому, как первый шаг долгого пути, предлагается разработать и реализовать Государственную научно-техническую Программу приоритетного сельхоз-

машиностроения, в которой в приоритетном порядке предусмотреть выпуск комплексов машин для применения средств химизации земледелия нашей страны.

Иного пути вывода сельского хозяйства как сферы, определяющей не только продовольственную безопасность, но и безопасность Республики Беларусь в целом, на более высокий уровень развития на данный момент, по мнению автора, не существует.

Представляется уместным закончить статью оптимистическими словами известного английского писателя Гилберта Кит Честертона: «Не в том дело, что люди не могут найти решения, – дело в том, что они обычно не могут увидеть проблемы». Мы увидели проблемы, значит, будут найдены и решения.

Список использованных источников

1. Валько, В.П. Чтобы почва была плодородной: монография / В.П. Валько. – Минск: [б. и.], 2001 – 104 с.
2. Худяков, Н. Комментарий. Голландия – второй в мире экспортер продовольствия / Н. Худяков // Крестьянские ведомости [Электронный ресурс]. – 2017. – 13 февр. – Режим доступа: <http://kvedomosti.ru/news/kommentarij-gollandiya-vtoroj-v-mire-eksporter-prodovolstviya.html>. – Дата доступа: 01.12.2017.
3. Гусаков, В.Г. Ресурс земли / В.Г. Гусаков, В.К. Павловский // Белорусская Нива. – 2010. – № 114.
4. Мониторинг земель // РУП «БелНИИЦ «Экология» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ecoinfo.by/uploads/archive/Book_2015/1-soil-25-11.pdf. – Дата доступа: 28.03.2017.
5. Не кисло только за счет бюджета // Сельская газета. – 2016. – № 152.
6. Степук, Л.Я. О проблемах механизации применения известковых материалов и эффективности машины химизации МХС-10 / Л.Я. Степук, Г.М. Сафрановская, В.В. Барабанов // Аграрная экономика. – 2012. – № 4.
7. Шпаар Д. Возделывание зерновых / Д. Шпаар, А. Посников, Г. Крапш. – М.: Аграрная наука, 1998. – 334 с.
8. Степук, Л.Я. Механизация процессов химизации и экология / Л.Я. Степук, И.С. Нагорский, В.П. Дмитрачков. – Минск: Ураджай, 1993. – С. 14–19.
9. Коллегия Комитета госконтроля рассмотрела результаты проверки сохранности минеральных удобрений // Комитет государственного контроля Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: <http://www.kgk.gov.by/ru/kommentarii-ru/view/Kollegija-Komiteta-goskontrolja-rassmotrela-rezultaty-proverki-soxrannosti-mineralnyx-udobrenij-7552/>. – Дата доступа: 20.12.2017.
10. КГК Гомельской области выявил факты бесхозяйственности при хранении удобрений // БелТА. Новости Беларуси [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: <http://www.belta.by/regions/view/kgk-gomelskoj-oblasti-vujavil-fakty-beshozajstvennosti-pri-hranneni-udobrenij-178675-2016/>. – Дата доступа: 20.12.2017.
11. Степук, Л.Я. Потери минеральных удобрений на пути от завода к полю и вариант решения проблемы / Л.Я. Степук, С.А. Красновский // Белорусское сельское хозяйство. – 2018. – № 1.
12. Хлепотько, М. Низкое качество сельхозтехники на российском рынке от безответственности производителя / М. Хлепотько // Наше сельское хозяйство. – 2009. – № 9. – С. 73.
13. Степук, Л.Я. Разработка и реализация Программы приоритетного сельхозмашиностроения – непременное условие устойчивого развития сельского хозяйства в современных условиях / Л.Я. Степук // Известия ААН Республики Беларусь. – 2000. – № 1. – С. 81–85.
14. Степук, Л.Я. Механизация – приоритет № 1 в развитии сельского хозяйства нашей страны на нынешнем этапе / Л.Я. Степук, В.Г. Самосюк, В.В. Азаренко // Весці НАН Беларусі. – 2012. – № 4. – С. 89–99.
15. Маринич, Л.А. Инновационный подход к решению проблемы технического обеспечения сельского хозяйства Республики Беларусь / Л.А. Маринич, Л.Я. Степук // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-техн. конф.: в 3 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2014. – Т. 1. – С. 10–16.
16. Жалнин, Э.В. Направление и перспективы возрождения комбайностроения в России / Э.В. Жалнин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1997. – № 40.
17. Самосюк В.Г. О реальном энергосбережении в сельском хозяйстве / В.Г. Самосюк, Л.Я. Степук // Известия национальной академии наук Беларуси. – 2008. – № 4.
18. Система технологических комплексов, машин и оборудования для применения средств химизации земледелия // Механизация сельского хозяйства. – 2016. – № 1.

В.И. Передня¹, д.т.н., профессор, **Ю.А. Цой²**, член-корреспондент РАН, д.т.н., профессор,
Е.Л. Жилич¹

¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь
E-mail: npc_mol@mail.ru

²ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»
г. Москва, Российская Федерация
E-mail: femaks@bk.ru

ОТ МЕХАНИЗАЦИИ ТРУДОЕМКИХ ПРОЦЕССОВ ДО РАЗРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ МОЛОЧНОТОВАРНЫХ ФЕРМ И КОМПЛЕКСОВ

Аннотация. В статье изложены результаты исследования и разработки машин и оборудования, от механизации трудоемких процессов до создания поточных линий, комплектов машин и намечены пути развития цифровых технологий с использованием искусственного интеллекта.

Ключевые слова: корма, поение животных, кормосмеси, поточные линии, комплект оборудования, доение, искусственный интеллект.

V.I. Perednya¹, Doctor of Technical Sciences, Professor, **Yu.A. Tsoi²**, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, **E.L. Zhilich¹**

¹RUE "SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization"
Minsk, Republic of Belarus
E-mail: npc_mol@mail.ru

²FGBNU "Federal Scientific Agroengineering Center VIM"
Moscow, Russian Federation
E-mail: femaks@bk.ru

FROM THE MECHANIZATION OF LABOR-INTENSIVE PROCESSES TO THE DEVELOPMENT AND USE OF DIGITAL TECHNOLOGIES AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR DAIRY FARMS AND COMPLEXES

Abstract. The article presents the results of research and development of machines and equipment, ranging from the mechanization of labor-intensive processes to the creation of production lines, sets of machines, and outlines the ways for the development of digital technologies using artificial intelligence.

Keywords: feed, animal watering, feed mixtures, production lines, equipment set, milking, artificial intelligence.

Введение

Животноводство является важнейшим звеном агропромышленного комплекса. Эта отрасль дает человеку ценные продукты питания, а также сырье для промышленности. Рост производства продукции животноводства, снижение затрат кормов и труда на единицу продукции невозможны без рационального использования кормов и машин для механизации процессов на животноводческом предприятии.

К современным производственным процессам предъявляются требования по достижению непрерывности, безопасности, гибкости и высокой производительности при одновременном обеспечении оптимального управления производством, повышении качества и снижении себестоимости выпускаемой продукции. Эти требования могут быть успешно выполнены при соответствующем совершенствовании производственных процессов в ходе их развития путем более полной замены труда человека машинным трудом.

Положительный эффект на животноводческих предприятиях может быть достигнут при постановке их на механизированную основу с применением прогрессивных технологий ведения животноводства.

Основная часть

В 60-е годы прошлого столетия, когда создавался институт механизации сельского хозяйства, большинство животноводческих ферм были не электрифицированы. Перед наукой стояла задача механизации трудоемких процессов на фермах. Одной из первых разработок института, нашедшей применение в производстве, была ветроводоподъемная установка ВУ-7 (рис. 1).

К концу 60-х – началу 70-х годов в стране на фермах крупного рогатого скота начал складываться многокомпонентный рацион кормления, который должен был увеличить среднегодовые удои коров. В состав такого рациона входили силос, солома, сено, корнеплоды и концентраты (комбикорма).

В передовых колхозах стали готовить кормосмеси, что позволило более эффективно использовать корма, для этого начали выпускать в промышленном производстве различные смесители большой вместимостью типа С-12, в которых осуществляли смешивание кормов. Смесители были металлоемкими, энергоемкими, периодического действия и требовали качественного измельчения кормов. Процесс приготовления был малопродуктивным и поэтому не нашел широкого внедрения.

Изучив все вышеизложенное, сотрудники лаборатории механизации технологических процессов на фермах крупного рогатого скота исследовали и разработали специальный измельчитель-смеситель кормов ИСК-3 (рис. 2). Ценность такой машины заключалась в том, что она могла



Рис. 1. Ветроводоподъемная установка ВУ-7

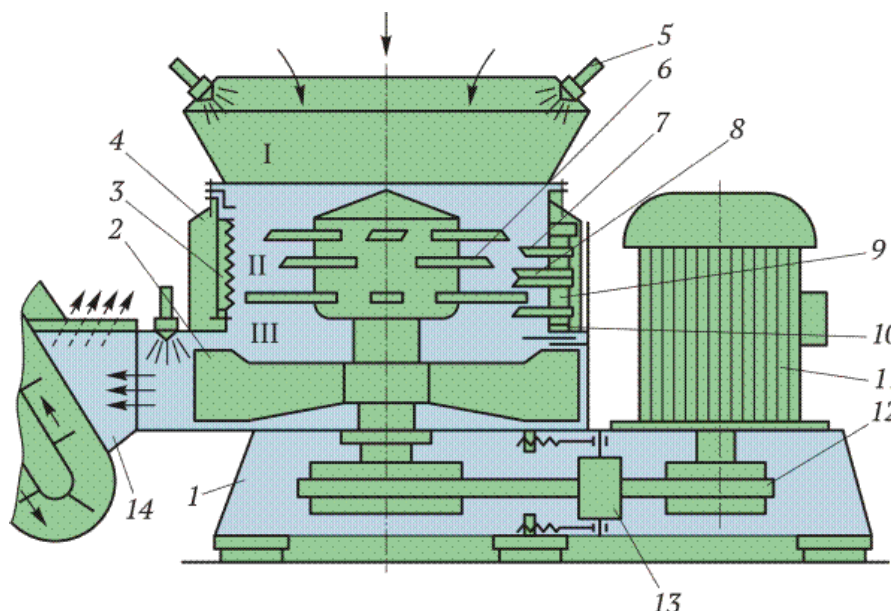


Рис. 2. Схема устройства и работы измельчителя-смесителя кормов ИСК-3: 1 – рама; 2 – швырялка; 3 – зубчатая дека; 4 – кожух; 5 – форсунка; 6 – ротор с ножами; 7 – нож противореза; 8 – основание; 9 – ось; 10 – шибер; 11 – электродвигатель; 12 – клиноременный привод; 13 – натяжной ролик; 14 – бункер выгрузного транспортера; I – приемная камера; II – камера измельчения и смешивания; III – выгрузная камера

принимать корма любой влажности, измельчать или доизмельчать их, при необходимости, и качественно смешивать с другими кормами рациона.

В 80-х машина получила самое широкое распространение на территории бывшего Союза и за его пределами. Было выпущено более 150 тысяч машин по маркам ИСК-3, ИСК-3А, ИСК-3Б [1].

На международной выставке в г. Брно (Чехия) она была награждена золотой медалью. Техническая новизна защищена несколькими авторскими свидетельствами на изобретение. Выпускалась на заводах «Ровносельмаш» г. Ровно, «Нерис» г. Вильнюс и т. д. [1].

Разработанная машина позволила разработать технология приготовления полнорационных кормосмесей и комплект оборудования (КОРК-15) для ее осуществления (рис. 3).

Впервые в Союзе были разработаны совместно с научно-исследовательским институтом «Гипронисельхоз» г. Москва типовые проекты 201-460, 801-461, 801-6-4-83, 801-6-5-83 для приготовления полнорационных кормосмесей [2].

Комплект оборудования поставляется и за рубеж, в том числе и на Кубу. В свое время, осматривая смонтированный комплект оборудования КОРК-15, Фидель Кастро отметил, что поставляемый комплект оборудования позволил осуществить социальную революцию в стране.

Под разработанные типовые проекты выпускались и соответствующие комплекты оборудования, такие как КОРК-15, КОРК-15А, КОРК-15Б, КОРК-15-2. Было выпущено около 140 тысяч комплектов на заводах «Нерис» г. Вильнюс, «Комплекса» г. Сосновый Бор Ленинградской области и др. [2].

Для очистки корнеклубнеплодов от посторонних примесей были разработаны принципиально новые агрегаты для сухой очистки ЛОК-10, а также измельчитель-камнеотделитель мойка ИКМ-10. Было выпущено более 60 тысяч машин в г. Ахтырка Сумской области [2].

Используя теорию резания с встречным резанием, разработанную в лаборатории, а также исследования по термохимической обработке соломы, были разработаны и поставлены на производства линия измельчения соломы ЛИС-3, линия измельчения и обработки соломы ЛОС-1 и ЛОС-3.

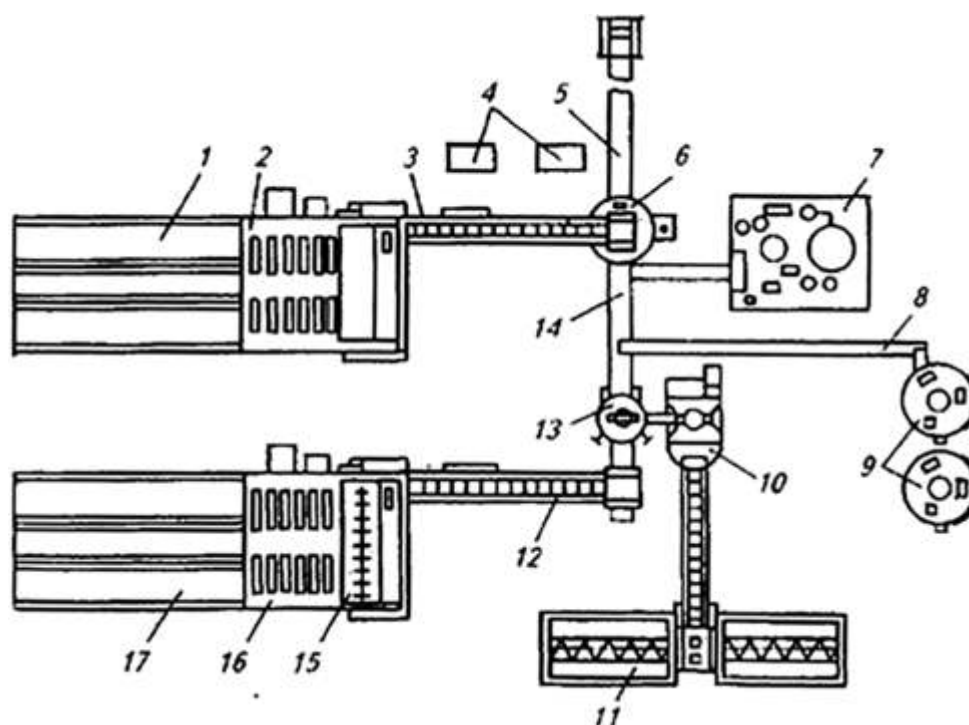


Рис. 3. Схема размещения комплекта оборудования КОРК-15: 1, 17 – приемные бункера питателя-загрузчика; 2, 12, 16 – конвейеры; 3 – скребковый дозирующий транспортер; 4 – шкафы управления; 5 – выгрузной транспортер; 6 – измельчитель-смеситель кормов ИСК-3; 7 – оборудование ОМК-2; 8 – шнековый транспортер; 9 – бункера-дозаторы; 10 – измельчитель-камнеуловитель-мойка ИКМ-5; 11 – транспортер корнеклубнеплодов ТК-5Б; 13 – бункер-дозатор корнеклубнеплодов; 14 – транспортер линии сбора; 15 – измельчитель соломы

Кроме кормоприготовительных машин проводились исследования и разработка оборудования для содержания телят молочного периода в профилакториях до 30 дневного возраста.

Было разработано, изготовлено и поставлено на серийное производство клеточное оборудование КИТ-10, которое выпускалось на Галещинском заводе г. Кишинева, и передвижная выпойная установка УВП-3.

После развала Советского Союза темпы производства оборудования были резко уменьшены. Однако разработка машин и оборудования продолжается для обеспечения потребностей Республики Беларусь.

Были разработаны и освоены производством на Бобруйском заводе тракторных агрегатов маломощные измельчители зернофуража. Были разработаны прицепной погрузчик-раздатчик кормов с автоматическим указателем массы выдаваемого корма ПР-Ф-8 и смеситель-раздатчик кормов СРК-10, которые изготавливались на «Бобруйскагромаш».

В конце 90-х годов возникла острая необходимость в разработке доильного и холодильного оборудования, поскольку в бывшем Союзе такое оборудование выпускалось только в Латвии и Украине.

С созданием Союзного государства России и Беларуси образовалась возможность разработки совместных программ.

В 2000 году совместно с учеными РФ началась разработка совместной российско-белорусской подпрограммы «Развитие производства оборудования для обеспечения получения качественной молочной продукции», которая в июле 2001 г. была утверждена Советом Министров Союзного государства.

В результате выполнения программы были разработаны автоматизированные доильные установки для доения коров на специальных доильных площадках со станками типа «Тандем» (2×4) с пропускной способностью 60–70 коров в час; «Елочка» (2×8) с пропускной способностью до 80 коров в час; «Параллель» (2×12) с пропускной способностью 120 коров в час, а также был модернизирован молокопровод на 200 коров для доения коров в стойлах.

Кроме того, была разработана автоматизированная станция кормления коров с индивидуальной дозировкой комбикормов в зависимости от удоев.

Разработанное доильное оборудование выпускалось на ОАО «Гомельагрокомплект», ОАО «Завод Промбурвод», «Экспериментальный завод «РУП НППЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства».

Поскольку Республика Беларусь ежегодно закупала на 240–280 млн долларов различных добавок для балансирования комбикормов, то на протяжении 2008–2012 годов была разработана совместная российско-белорусская программа «Разработка перспективных ресурсосберегающих, экологически чистых технологий и оборудования для производства биологически полноценных комбикормов». В соответствии с указанной программой были разработаны, изготовлены и поставлены на производство комплект оборудования для производства белково-витаминных добавок (БВМД) на основе рапсового жмыха КДР-0,8 и мобильный комбикормовый завод производительностью 4 т/ч (рис. 4, 5).

Стратегической задачей молочного производства Беларуси является производство молока и молочной продукции для обеспечения потребности населения и поставки на экспорт.

Высокая молочная продуктивность взрослого поголовья коров находится в прямой зависимости от условий кормления телят в раннем возрасте.

Основным кормом телят молочного периода является цельное молоко. В настоящее время на выпойку одного теленка расходуется 250–400 л цельного молока, поэтому в последние годы в Беларуси пытаются выпускать заменитель цельного молока (ЗЦМ) на основе сухого молока в количестве чуть меньше 50 % и около 17–19 % гидрогенизированного жира с добавками витаминов и микроэлементов. Однако этот ЗЦМ не нашел широкого распространения из-за недостатка гидрогенизированных жиров и других добавок.

В связи с этим в РУП «НППЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» была разработана установка для приготовления ЗЦМ (УПЗМ-0,9) из зернобобовых культур с использованием кавитационной установки. Разработанная установка в настоящее время эксплуатируется на заводе «Гомельэнергосервис» [2].



Рис. 4. Комплект оборудования для производства белково-витаминных добавок (БВМД) на основе рапсового жмыха КДР-0,8



Рис. 5. Мобильный комбикормовый завод производительностью 4 т/ч

Кроме того, по совместной российско-белорусской программе Союзного государства «Разработка инновационных энергосберегающих технологий и оборудования для производства и эффективного использования биобезопасных комбикормов для ценных пород рыб, пушных зверей и отдельных видов животных» была разработана «Инновационная технология и комплект оборудования для производства легкоусвояемого концентрата на основе местного зернового сырья для молодняка животных производительностью 0,7 т/ч». Комплект оборудования для производства легкоусвояемого концентрата представлен на рис. 6.

В настоящее время разработана Концепция научно-технической программы Союзного государства «Разработка цифровых технологий производства кормовых добавок, высокоусвояемых комбикормов и скармливания их сельскохозяйственным животным» и разрабатывается Концепция научно-технической программы «Разработка цифровых технологий комплекса ав-



Рис. 6. Комплект оборудования КЛК-0,7 для производства легкоусвояемого концентрата

томатизированных и роботизированных машин для молочного животноводства» под шифром «Интеллектуальная ферма».

Абсолютное большинство технологических процессов на молочно-товарных фермах могут и будут автоматизированы и разработаны с помощью искусственного интеллекта.

Вызывает затруднения только технологический процесс доения коров, поскольку это связано с живым организмом животного.

Многие исследователи и разработчики считают, что вымя животного – это емкость для временного хранения молока и достаточно создать вакуумметрическое давление на соски и молоко будет удалено из вымени.

Главная особенность процесса эвакуации молока из вымени коровы во время машинного доения состоит в том, что при желании коровы отдать молоко он строго ограничен во времени – 3–4 минуты. В этих пределах времени функционируют все двигательные элементы молочной железы, сфинктер соска, гладкая мышечная ткань цисцеральной и альвеолярной емкостей вымени, миоэпителий альвеол. В этих же интервалах времени функционирует во время доения и гипофиз коровы. Максимальная концентрация окситоцина в крови во время доения наблюдается в течении четырех минут, причем высокая концентрация его в крови коровы удерживается всего две минуты [3].

Совокупность факторов сопутствует не только добровольному доению, но и позволяет обеспечить полное выведение молока из вымени. Однако изменение условий доения, появление стрессовых ситуаций тормозят молокоотдачу, что в свою очередь приводит к снижению разового удоя и потере молочной продуктивности в целом [4]. Все это необходимо учитывать при доении коров с помощью искусственного интеллекта.

Большие надежды животноводы связывали с появлением одноместных доильных роботов, в которых корова при желании могла заходить на дойку самостоятельно, причем несколько раз в день. Однако эйфория специалистов по большей части прошла. Оказалось, что животные вместо 4–5 раз в среднем заходят на дойку не более 2,7 раз. Робот не в состоянии оценить состояние животного, а главное, состояние его вымени и пригодность отдельных сосков к дойке. Кроме того, на многоместных доильных роботов типа конвейерных доильных установок, коров надо принудительно загонять на дойку, что зачастую и приводит к различным стрессовым ситуациям.

Основатель искусственного интеллекта Джон МакКарти дал определение искусственного интеллекта – это наука и технология создания интеллектуальных машин, в особенности – интеллектуальных компьютерных программ. Искусственный интеллект связан с задачей использования компьютеров для понимания работы человеческого интеллекта.

Приведенные сотрудниками ВИМ (РФ) технико-экономические показатели роботизированных конвейерных доильных установок на 24 места фирмы Delaval (Швеция) и GEA Farm (Германия) производительностью 90 коров в час и доильной установки «Елочка» 2×12, имеющей такую же производительность и оснащенной автоматизированными доильными аппаратами с интеллектуальной почетвертной системой доения, приведены в табл.

Технико-экономические показатели автоматизированных систем доения

№ п/п	Показатели	Автоматизированная «Карусель» VMS (Швеция) на 24 места	Роботизированная «Карусель» Dairy-Pro (Германия) на 24 места	Автоматизированная «Елочка» 2×12 с интеллектуальной системой доения
1	Производительность коров/час и общим поголовьем, коров	90/480	90/480	100/480
2	Операторы, чел.	1	1	2
3	Подгонщик коров, чел.	1	1	1
4	Стоимость: – млн евро – млн росс. руб.	1,0 91,2	1,5 136,8	0,12 10,5
5	Амортизационные расходы, тыс. росс. руб./гол. в год	271,5	304,1	5,6
6	Зарплата, росс. руб./гол.	1470	1470	2205
7	Удельные затраты, тыс. росс. руб./гол. в год	81,5	110,4	17,6

Кроме того, проведенный анализ современных роботизированных доильных установок показал, что на долю операций по поиску и надеванию доильных стаканов приходится 60 % стоимости доильного робота, в то время как при ручном надевании с оценкой состояния вымени и сосков оператору необходимо 9 секунд [5].

Заключение

Абсолютное большинство технологических процессов, существующих на молочно-товарных фермах и комплексах, вполне можно осуществлять с помощью существующих систем автоматизации и роботизации. Однако полностью автоматизировать технологический процесс доения коров затруднительно, поскольку он связан с процессом выведения молока из вымени животного и требует оценки состояния вымени и сосков перед надеванием доильных стаканов, что требует дополнительных исследований и разработок.

Список использованных источников

1. Малозатратные технологические процессы – основа получения конкурентоспособной продукции : к 80-летию со дня рождения и к 55-летию творческой деятельности / В. И. Передня. – Минск.: НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства – 2013. – 132 с.
2. Инновационные ресурсосберегающие технологии для производства биобезопасных комбикормов и конкурентоспособного молока : материалы академических чтений, посвященных 60-летию научной деятельности и 85-летию со дня рождения д.т.н., профессора Передни В. И. – Минск. – 2018. – 176 с.
3. Механизация в животноводстве : учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по специальностям «Ветеринарная медицина», «Зоотехния» / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. – Витебск. ВГАВМ. – 2021. – 235 с.
4. Цой, Ю. А. Процессы и оборудование доильно-молочных отделений животноводческих ферм (монография). – М.: ГНУ ВИЭСХ. – 2010. – 424 с.
5. Измайлов А. Ю., Цой Ю. А., Кирсанов В. В. Технологические основы алгоритмизации и цифрового управления процессами молочных ферм. – М. ИНФРА-М. – 2019. – 208 с.

Д. И. Комлач, генеральный директор, кандидат технических наук, доцент,
Н. Г. Бакач, заместитель генерального директора по научной работе, кандидат технических наук, доцент, **В. И. Володкевич**, заведующий лабораторией, **А. В. Шах**, младший научный сотрудник

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

ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПАРКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ НА ОСНОВЕ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ПЕРСПЕКТИВНЫХ МАШИН

Аннотация. В статье рассмотрены основные направления формирования структуры парка сельскохозяйственной техники для реализации технологий производства продукции растениеводства в Республике Беларусь на основе применения Системы перспективных машин. Выполнен анализ включенных в систему машин инноваций в области мобильных энергетических средств, механизации процессов производства зерна, травянистых кормов, корнеклубнеплодов и других сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: система машин, структура парка, мобильные энергетические средства, инновационная техника.

D. Komlach, General Director, **N. Bakach**, Deputy General Director on scientific work, **V. Volodkevich**, head of laboratory, **A. Shakh**, junior research worker

*RUE "SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization"
Minsk, Republic of Belarus*

FORMATION OF THE PARK STRUCTURE AGRICULTURAL MACHINERY IN CROP PRODUCTION BASED ON THE IMPLEMENTATION OF A SYSTEM OF ADVANCED MACHINES

Abstract. The article considers the main directions of the formation of the structure of the agricultural machinery park for the implementation of crop production technologies in the Republic of Belarus based on the application of a System of advanced machines. The analysis of innovations included in the machine system in the field of mobile energy means, mechanization of grain production processes, herbaceous feeds, root-tubers and other agricultural crops was carried out.

Keywords: the system of machines, the structure of the fleet, mobile power facilities, innovative equipment.

Цель работы – совершенствование структуры парка сельскохозяйственной техники на основе реализации системы перспективных машин для повышения эффективности производства основных видов продукции растениеводства.

Методы исследования – применены информационные методы, включая аналитические, статистические методы обработки и анализа информации, методы современного системного подхода.

Введение

Формирование структуры парка сельскохозяйственной техники в Республике Беларусь осуществляется на фоне неблагоприятных тенденций, характеризующихся значительным (в 1,5...1,7 раза) превышением доли их списания над обновлением. Кроме того, около 60 % машинно-тракторного парка выработало свой срок службы и требует значительных затрат на поддержание его в работоспособном состоянии. Вследствие этого, а также из-за нарушений технологий возделывания сельскохозяйственных культур увеличиваются затраты на производство продукции, а следовательно, снижается ее конкурентоспособность. Так, удельные затраты труда, энергоресурсов

и условного топлива на производство зерна по информации Минсельхозпрода в 2021 году составили соответственно 5,4 чел.-ч/т, 12,6 кВт·ч/т и 12,0 кг усл. т/т; картофеля: 8,3, 6,9 и 9,7; сахарной свеклы: 0,72, 0,13 и 2,1; сена: 3,36, 0,22 и 1,4; сенажа – 4,9, 0,22 и 1,4; силоса – 4,2, 0,17 и 1,8, льносемян – 40,6, льносоломки – 3,11, льнотресты – 3,7 и овощей — 18,3 чел.-ч/т, 14,3 кВт·ч/т и 12,3 кг усл. т/т, что в 1,5–2,0 раза превышает аналогичные показатели стран Западной Европы [1]. Поэтому основное внимание в механизации производства растениеводческой продукции в республике направлено на снижение ресурсопотребления и повышение ее конкурентоспособности на основе максимального применения машин и оборудования, включенных в Систему перспективных машин (табл. 1).

Таблица 1. Система перспективных машин и оборудования в растениеводстве

Наименование технологических комплексов машин и оборудования	Предусмотрено наименований машин и оборудования, единиц	в том числе требуется:		
		разработка	освоение производства	серийное производство
Мобильные энергетические средства	18	5	1	12
Транспортные средства и прицепы	58	1	–	57
Погрузочные средства	33	2	2	29
Технологические комплексы машин для обработки почвы и посева	138	17	7	114
Технологические комплексы машин для внесения удобрений и средств защиты растений	54	3	5	46
Технологические комплексы машин для производства зерна и семян	55	3	–	52
Технологические комплексы машин для заготовки кормов из трав и силосных культур	49	8	3	38
Технологические комплексы машин для производства корнеклубнеплодов и овощей	69	5	7	57
Технологическое оборудование для орошения и полива сельскохозяйственных культур	4	1	–	3
Технологические комплексы машин для производства льна	14	3	2	9
Технологические комплексы машин для производства плодовых и ягодных культур	21	–	1	20
Всего	513	48	28	437

Изложение основного материала исследования

Основу парка машин и оборудования для реализации инновационных технологий производства продукции растениеводства в системе машин составляют мобильные энергетические средства (МЭС) (табл. 2). В сельскохозяйственных организациях к настоящему времени они занимают около 53 тыс. ед., при этом тракторы различного назначения составляют в них около 40,0 тыс. ед. (74,1 %), зерноуборочные комбайны – 8,3 тыс. ед. (около 15,6 %), кормоуборочные комбайны – 4,0 тыс. ед. (7,6 %) и остальная группа МЭС – 1,5 тыс. ед. (2,7 %).

В структуре парка тракторов сельскохозяйственного назначения класс 5–6 мощностью 250 и более л.с. занимает 20,5 % (около 7,4 тыс. ед.), класс 3–4 мощностью от 150 до 180 л.с. – 3,7 % (1,3 тыс. ед.), класс 2 мощностью 120–130 л.с. – 20,9 % (около 7,5 тыс. ед.) и класс 0,6–1,4 мощностью от 30 до 100 л.с. – 54,9 % (19,8 тыс. ед.). При этом тракторы отечественного производства, в основном ОАО «Минский тракторный завод», составляют около 94,2 % (34,0 тыс. ед.), стран ближнего зарубежья (АО «Санкт-Петербургский тракторный завод», Россия) – 2,6 % (0,9 тыс. ед.) и дальнего зарубежья («Джон Дир», «Фендт» и «Нью Холанд») – только 3,2 % (около 1,1 тыс. ед.). За последние пять лет (2016–2021 гг.) поступление тракторов в сельскохозяйственные организации по сравнению с их выбытием уменьшилось на 767 ед. (38,7 %), однако энергона-

**Таблица 2. Динамика структуры мобильных энергетических средств в организациях
АПК Республики Беларусь**

Наименование мобильных энергетических средств	2017 год		2018 год		2019 год		2020 год		2021 год	
	Наличие, ед.	%	Наличие, ед.	%	Наличие, ед.	%	Наличие, ед.	%	Наличие, ед.	%
Мобильные энергетические средства, всего, в т.ч.:	57 616	100	56 250	100	55 445	100	54 385	100	52 915	100
тракторы общего назначения	40 377	70,1	39 400	70	38 969	70,3	38 110	70,1	37 159	70,3
тракторы специальные для мелиоративных и культурно-технических работ	1421	2,5	1300	2,3	1223	2,2	1150	2,1	1100	2,1
энергетические средства с шинами-оболочками низкого давления	847	1,5	876	1,6	895	1,6	899	1,7	895	1,7
опрыскиватели самоходные	305	0,5	329	0,6	388	0,7	421	0,7	483	0,9
косилки самоходные	186	0,3	158	0,3	140	0,3	120	0,2	109	0,2
зерноуборочные комбайны	9454	16,4	9165	16,3	8797	15,9	8681	16,0	8270	15,6
кормоуборочные комбайны	4135	7,2	4128	7,3	4137	7,5	4132	7,6	4045	7,6
свеклоуборочные комбайны	315	0,5	309	0,5	296	0,5	290	0,5	271	0,5
теребилки льна самоходные	170	0,3	173	0,3	176	0,3	167	0,3	163	0,3
оборачиватели-очесыватели лент льна	44	0,1	51	0,1	51	0,1	51	0,1	51	0,1
оборачиватели лент льна	266	0,5	268	0,5	270	0,5	263	0,5	266	0,5
пресс-подборщики для льна	96	0,2	93	0,2	103	0,2	101	0,2	103	0,2

сыщенных тракторов увеличилось на 223 ед. (56,7 %). Вместе с тем около 74 % парка тракторов (29,3 тыс. ед.) эксплуатируется свыше нормативного срока (8–10 и более лет), в том числе класса 5–6 – 75 % (5,4 тыс. ед.). При этом обеспеченность тракторами этого класса составляет только 64,8 % от технологической потребности в них (10,9 тыс. ед.). Технологическая обеспеченность сельскохозяйственных организаций перспективными машинами и оборудованием не соответствует требуемой, что ведет к увеличению сроков проведения полевых работ на 8–10 дней и потерям продукции на 10–15 % (табл. 3).

Для реализации технологий обработки почвы и посева к тракторам различных тяговых классов в Системе машин включен типоразмерный ряд высокопроизводительных плугов, почвообрабатывающих и почвообрабатывающе-посевных агрегатов для работы как по традиционным технологиям, так и для минимизации процесса [2], обеспеченность которыми составляет соответственно 64,4–75,1 %. Дальнейшее совершенствование механизации процессов в данной технологии предусматривается за счет:

- снижения механического воздействия на почву рабочих органов путем совмещения технологических операций;
- создания универсальных multifunctional широкозахватных почвообрабатывающих и почвообрабатывающе-посевных агрегатов, сокращающих в 2...3 раза применение малопроизводительной техники в хозяйствах;
- применение универсальных почвообрабатывающих и посевных агрегатов нового поколения, блочно-модульных многоцелевых семейств сеялок высокого технического уровня со сменными блоками рабочих органов и автоматизированными дозирующими системами для различных зональных почвенно-климатических и агроландшафтных условий республики;
- использование мехатронных систем для реализации процесса обработки почвы и посева.

Для реализации инновационных технологий внесения удобрений и химических средств защиты растений в Системе машин предложена гамма высокопроизводительных машин грузоподъемностью до 25 тонн и шириной захвата до 24 метров [3]. Высокоточное внесение твердых

Таблица 3. Динамика технологической обеспеченности сельскохозяйственных организаций основными видами машин и оборудования

Перечень машин и оборудования	Технологическая обеспеченность, %					
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Тракторы мощностью 250 и более л.с.	63,5	63,7	65,8	68,5	69,3	69,8
Плуги для гладкой вспашки 8–9-и корпусные	75,0	74,1	75,1	76,6	76,1	75,0
Агрегаты комбинированные почвообрабатывающие шириной захвата 6 и более метров	53,3	55,3	57,2	59,3	60,9	94,9
Агрегаты комбинированные почвообрабатывающе-посевные шириной захвата 6 и более метров	64,0	63,9	62,2	62,3	60,4	58,1
Машины для внесения твердых минеральных удобрений	60,3	57,6	55,2	54,7	52,1	50,3
Машины для внесения твердых органических удобрений	53,6	51,9	50,0	49,3	47,3	44,9
Машины для химической защиты растений	56,3	55,0	53,8	53,7	54,3	55,6
Комбайны зерноуборочные с пропускной способностью 12 и более кг/с	68,3	68,5	70,2	77,3	80,0	79,6
Пресс-подборщики для прессования сено-соломистых материалов в крупногабаритные прямоугольные тюки	29,1	31,1	31,9	32,6	33,6	34,4
Прицепы специальные для перевозки силосной и сенажной массы	88,7	88,6	87,4	88,3	89,9	89,6
Комбайны кормоуборочные мощностью 350 и более л.с.	52,1	53,3	54,5	55,2	58,6	60,3
Комбайны картофелеуборочные	79,2	76,7	72,4	68,1	62,6	57,9
Комбайны для уборки сахарной свеклы	58,2	54,7	53,6	51,4	50,3	47,0

минеральных удобрений реализуется на основе применения высокопроизводительных машин типа МШВУ-18, РМУ-11000Ш и РШУ-18, обеспечивающих высокую равномерность их внесения, что способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур до 4 ц/га, обеспеченность которыми составляет соответственно 50,0–54,6 %. Однако потенциальные возможности созданных средств химизации используются еще недостаточно эффективно. В этом направлении предусматривается:

- создание машин с автоматическим управлением дозирующих и распределяющих рабочих органов и непрерывным контролем норм высеваемых удобрений;
- применение высокотехнологичных штанговых опрыскивателей с регулируемой шириной захвата 24 и более метров и т.д.

Для реализации инновационных технологии заготовки травяных кормов в Систему машин включены высокопроизводительные блочно-модульные косилки шириной захвата 9 и более метров, пресс-подборщики для прессования трав в крупногабаритные прямоугольные тюки, платформы с манипулятором для перевозки тюков и рулонов, сменные адаптеры для закладки на хранение и выгрузки кормов из хранилищ к погрузчикам «Амкодор-352С» и тракторам класса 5, многофункциональные прицепы для перевозки измельченных травяных кормов грузоподъемностью до 25 тонн на унифицированном двух- и трехосном шасси [4], обеспеченность которыми составляет около 74 %.

Для заготовки измельченных травянистых кормов (сенажа и силоса) в объеме не менее 31,2 млн тонн в хозяйствах республики применяется около 3,7 тыс. ед. кормоуборочных комбайнов. В их структуре комбайны с мощностью двигателя до 450 л.с. составляют около 45,9 % (1,7 тыс. ед.), свыше 450 л.с. – 54,1 (2,0 тыс. ед.). Парк кормоуборочных комбайнов отечественного производства (ОАО «Гомсельмаш») составляет около 76,9 % (2,9 тыс. ед.) и зарубежного производства («Ягуар», «Джон Дир», «Кроне», «Нью Холанд» и другие) – 23,1 % (0,86 тыс. ед.).

За 2016–2021 гг. поступление в хозяйства кормоуборочных комбайнов сократилось на 56 ед. (в 2,2 раза), а выбытие увеличилось на 112 ед. (в 1,8 раза). В то же время поступление комбайнов с мощностью двигателя 350 и более л.с. за указанный период увеличилось в 3,3 раза (145 ед.). Около 63 % кормоуборочных комбайнов (2,4 тыс. ед.) эксплуатируются свыше нормативного срока. Обеспеченность хозяйств высокопроизводительными кормоуборочными комбайнами (мощностью 450 и более л.с.) составляет только 55,0 % от технологической потребности в них (2,2 тыс. ед.) [5].

На уборке зерновых и зернобобовых культур в Систему машин включено семейство комбайнов с пропускной способностью до 24 кг/с. К настоящему времени в республике используется около 7,6 тыс. ед. зерноуборочных комбайнов, из которых комбайны с пропускной способностью 12 и более кг/с составляют 74,8 % (5,7 тыс. ед.) и до 12 кг/с – 25,2 % (1,95 тыс. ед.). В структуре парка комбайны отечественного производства (ОАО «Гомсельмаш» и ОАО «Лидсельмаш») составляют около 85,6 % (6,5 тыс. ед.), стран ближнего зарубежья (Российская Федерация) – 1,1 % (0,08 тыс. ед.) и дальнего зарубежья – 13,1 % (1,0 тыс. ед.). За 2016–21 гг. выбытие комбайнов по сравнению с их поступлением составило 209 ед. (12,6 %), а с пропускной способностью 10 и более кг/с поступление сократилось на 64 ед. (19,8 %). Около 74 % парка зерноуборочных комбайнов (6,9 тыс. ед.) эксплуатируется свыше нормативного срока. Вместе с тем обеспеченность хозяйств зерноуборочными комбайнами с пропускной способностью 12 и более кг/с составляет только 69,1 % от технологической потребности в них (2,1 тыс. ед.) [5].

Для механизации процессов послеуборочной доработки зерна и получения высококачественных семян в Систему машин включено высокопроизводительное оборудование типа КОС-10, предназначенное для приема, очистки, сортирования семян зерновых колосовых, зернобобовых, крупяных культур и рапса с их протравливанием (при необходимости) и последующим затариванием в мешки, зерноочистительно-сушильных комплексов и ряд других машин.

Для уборки и послеуборочной доработки корнеклубнеплодов в Систему машин включен инновационный комплекс машин и оборудования, включающий комбайны для уборки капусты и моркови, оборудование для закладки на хранение овощной продукции, позволяющий механизировать процессы от посадки до предреализационной их подготовки, минимизировать импорт данной техники в республику и поставлять ее на экспорт.

Для возделывания плодово-ягодных культур с целью снижения затрат ручного труда созданы агрегаты для уборки плодов и обрезки плодовых деревьев АСУ-6, комплексы для уборки веток КУВ-1,8 и комбайны полурядного ягодоуборочного типа КПЯ.

В сельскохозяйственных организациях республики расширяется зона применения информационно-управляемого земледелия и элементов системы точного земледелия, что нашло отражение в Системе машин. Первоочередным здесь является использование оборудования для сбора и регистрации показателей использования МТА и точного их вождения, картирования сельхозугодий, мониторинга урожайности полей, агрохимического состояния почв и других [6].

Выводы

Применение созданной в республике инновационной техники для реализации технологий в растениеводстве на основе Системы машин будет способствовать снижению удельных затрат труда до 30–35 %, потребления топливно-энергетических ресурсов – до 20–25 %, металла – до 15–20 % и до 25–30 % сокращению численности применяемого в хозяйствах устаревшего парка машин и оборудования.

Список использованных источников

1. Яковчик, С.Г. Перспективные направления создания сельскохозяйственной техники в Республике Беларусь / С.Г. Яковчик, Н.Г. Бакач, Ю.Л. Салапура, Э.В. Дыба // Межведомственный тематический сборник «Механизация и электрификация сельского хозяйства» (РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства», вып. 52 / редкол.: П.П. Казакевич (гл. ред.). – Минск: Беларуская навука, 2018. – С. 3–9.

2. Лепешкин, Н.Д. Система машин для обработки почвы и посева промежуточных культур / Н.Д. Лепешкин // Земледелие и защита растений. – 2018. – Приложение к журналу – № 5 (120). – С. 38–40.
3. Степук, Л. О накопившихся проблемах, решение которых не терпит отлагательства / Л.Я. Степук // Наше сельское хозяйство. – 2017. – № 3. – С. 4–12.
4. Лабоцкий, И. М. Техника скашивания трав. Состояние и перспективы развития / И.М. Лабоцкий // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве : материалы междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 70-летию со дня образования РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» (Минск, 18–20 окт. 2017 г.) / редкол.: П. П. Казакевич (гл. ред.), Л. Ж. Кострома. – Минск : Беларуская навука, 2018. – С. 97–102.
5. Яковчик, С.Г. Тенденции применения мобильных энергетических средств / С.Г. Яковчик, Н.Г. Бакач, В.И. Володкевич, А.В. Шах// Инновационные технологии в Агропромышленном комплексе – сегодня и завтра : Сборник тезисов докладов 3-й международной научно-практической конференции – Гомель: Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш», 2019. – С. 16–17.
6. Клыбик, В.К. Анализ технических решений автоматизированных пробоотборников почвы / В.К. Клыбик, М.И. Новиков, А.С. Пашкевич // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве : материалы междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 110-летию со дня рождения академика М. Е. Мацегуро (Минск, 17–18 окт. 2018 г.) / редкол.: П. П. Казакевич (гл. ред.), Л. Ж. Кострома. – Минск : Беларуская навука, 2018. – С. 97–102.

Л.Я. Степук, д.т.н., проф., П.П. Бегун, к.т.н.

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

К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

Аннотация. Показана неполная обеспеченность сельскохозяйственных предприятий Республики Беларусь опрыскивателями и приборной базой для тестирования, настройки и регулировки их рабочих органов. Этим обуславливается необходимость изыскания способа повышения эффективности применения пестицидов за счет умелой грамотной эксплуатации имеющихся в хозяйствах опрыскивателей. Разработана таблица эталонных взаимосвязанных параметров работоспособных опрыскивателей, при сравнении с которыми параметров имеющихся в хозяйствах опрыскивателей можно установить их возможности и безошибочно довести до сведения механизатора режимы работы, которые он должен соблюдать при выполнении химзащитных работ.

Ключевые слова: опрыскиватели, пестициды, поддерживающее перемешивание, эжекторные мешалки.

L.Y. Stepuk, P.P. Behun

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

TO THE QUESTION OF INCREASING THE EFFICIENCY OF THE APPLICATION OF CHEMICAL PLANT PROTECTION MEANS

Abstract. The incomplete provision of agricultural enterprises of the Republic of Belarus with sprayers and instrumentation for testing, setting up and adjusting their working bodies is shown. This necessitates the need to find a way to increase the efficiency of pesticide use through the skillful and competent operation of sprayers available on farms. A table of reference interrelated parameters of workable sprayers has been developed, comparing with which the parameters of sprayers available on farms, allows you to establish its capabilities and accurately bring this to the attention of the machine operator, the operating modes that he must observe when performing chemical protection work.

Keywords: Sprayers, pesticides, support mixing, ejector mixers.

Введение

Эффективность применения пестицидов в большой степени зависит не только от технического состояния опрыскивателя, но и от умелой, грамотной его эксплуатации, что в конечном итоге обеспечивает более высокое качество выполнения технологического процесса, определяемого равномерностью распределения препарата, дисперсностью, густотой покрытия целевого объекта.

В связи с этим актуальной является задача разработки научно обоснованных, реально осуществимых практических рекомендаций для руководителей и специалистов сельскохозяйственных предприятий по повышению эффективности применения пестицидов существующими в хозяйствах опрыскивателями путем квалифицированной оценки соответствия их технико-технологических параметров эталонным, перед проведением химзащитных работ.

Парк полевых опрыскивателей Беларуси характеризуется большим числом разнообразных моделей и модификаций. Так, по агрегатированию с энергосредством имеют место навесные, полуприцепные, прицепные и самоходные опрыскиватели. Их технико-технологические параметры характеризуются большой вариабельностью. Так, вместимость основных баков этих опры-

скивателей находится в пределах от 800 до 4000 л (800, 1200, 1500, 2000, 2500, 3000 и 4000 л); рабочая ширина захвата находится в диапазоне от 12 до 32 м (12, 15, 18, 24, 32 м); типоразмерный ряд применяемых на них насосов находится в пределах от 80 до 240 л/мин. Скорость движения опрыскивателя может быть в пределах от 6 до 15 км/ч (6, 8, 10, 12, 15 км/ч). Дозы вылива рабочего раствора на 1 га варьируют от 150 до 500 л/га (150, 200, 300, 500 л/га).

Учитывая многофакторность параметров, можно сделать вывод, что оптимизировать процесс проведения химзащитных работ как с точки зрения получения высокого качества, так и с точки зрения обеспечения максимальной производительности является проблематичной задачей [1].

Основная часть

В большинстве отечественных и зарубежных опрыскивателей поддерживающее перемешивание рабочего раствора осуществляется путем подачи насосом к эжекторным мешалкам части жидкости, остающейся за вычетом нормы расхода (л/га) на опрыскивание. Вот такое состояние, когда хватает расхода на опрыскивание и на поддерживающее перемешивание раствора в баке опрыскивателя, определяет его работоспособность.

Следуя сформулированной выше цели, прежде всего, необходимо убедиться в работоспособности имеющегося в хозяйстве опрыскивателя. Иными словами, соответствуют ли технические параметры (возможности) рабочих органов конкретного опрыскивателя конкретным технологическим, качественным и другим требованиям к процессу применения пестицидов.

В ходе выполнения НИР были проведены расчеты, составлены таблицы, определяющие границы работоспособности опрыскивателей, учитывающие производительность насосов (от 80 до 200 л/мин.), установленных на опрыскивателях, дозы внесения пестицидов (от 200 до 400 л/га), рабочую ширину захвата штанги (от 12 до 24 м) и рабочую скорость движения опрыскивателя (от 6 до 12 км/час).

Для удобства практического использования полученных результатов составлена обобщенная таблица работоспособности полевых опрыскивателей на внесении заданных норм вылива (л/га) рабочих растворов при различной рабочей ширине захвата (м), рабочей скорости (км/ч), мощности установленных насосов (л/мин) и при условии наличия минимального остатка раствора на поддерживающее перемешивание смеси в процессе обработки посевов.

Работоспособность полевых опрыскивателей на внесении заданных норм рабочих растворов

Рабочая ширина, м	Производительность насоса, л/мин	Рабочая скорость опрыскивателя, км/ч			
		12	10	8	6
24	80	—	—	до 200	до 200
	120	до 200	до 200	до 300	до 300
	170	до 200	до 300	до 400	до 400
	200	до 300	до 400	до 400	до 400
18	80	—	до 200	до 200	до 300
	120	до 200	до 300	до 300	до 400
	170	до 300	до 400	до 400	до 400
	200	до 400	до 400	до 400	до 1000
15	80	до 200	до 200	до 300	до 400
	120	до 300	до 400	до 400	до 400
	170	до 400	до 400	до 400	до 1000
	200	до 400	до 400	до 400	до 1000
12	80	до 200	до 300	до 400	до 400
	120	до 400	до 400	до 400	до 400
	170	до 400	до 400	до 400	до 1000
	200	до 400	до 400	до 1000	до 1000

Данные, приведенные в таблице, имеют большую практическую значимость. По существу, они характеризуют рациональную взаимоувязку технико-технологических параметров эталонных опрыскивателей. Пользуясь ими, специалисты и руководители сельскохозяйственных предприятий смогут квалифицированно оценивать соответствие технико-технологических параметров имеющегося в хозяйстве парка опрыскивателей табличным (эталонным) данным. Данные таблицы позволяют рекомендовать для имеющихся в хозяйстве опрыскивателей режимы настройки скорости движения, определить способность внесения фактических доз пестицидов с учетом мощности насосов, ширины захвата штанг, необходимости обеспечения поддерживающего перемешивания раствора пестицида в процессе обработки вегетирующих сельскохозяйственных культур. Поэтому данная таблица в обязательном порядке должна быть постоянно на рабочем столе, как минимум, у агронома-агрохимика.

Без этого проблематично, если вообще возможно, организовать на практике эффективное, грамотное применение средств защиты растений собственными опрыскивателями, особенно не имея соответствующего прибора для их тестирования, а зачастую и руководств по эксплуатации.

На самом деле агроном, выдавая механизатору наряд на выполнение конкретной задачи по защите той или иной с/х культуры от болезней, вредителей или сорняков, может указать механизатору вид препарата, указать норму расхода концентрата на бак опрыскивателя, норму вылива рабочего раствора на один гектар и всё!

А на какой передаче и с какой скоростью двигаться по полю и какая будет фактическая доза вылива, будет ли при этом осуществляться поддерживающее перемешивание раствора и какой мощности насос установлен на опрыскивателе – эти вопросы обычно не обсуждаются при постановке задачи, остаются на усмотрение механизатора. Более того, как уже отмечалось, руководства по эксплуатации не везде сохранились, приборов по настройке, регулировке узлов опрыскивателей теперь не используют, так как их просто нет в хозяйствах, хотя РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» они разработаны [2]. Поэтому практически настройку опрыскивателей проводят «на глаз», что недопустимо.

На основе данных таблицы построены графические зависимости производительности насоса от дозы вылива рабочего раствора (рис. 1) и от ширины захвата штанги (рис. 2).

Зная состояние опрыскивателя в хозяйстве и его параметры, такие как вместимость основного бака, ширину захвата штанги, мощность насоса, дозу вылива концентрата пестицида на гектар, сравнив их с данными таблицы, определяют работоспособность конкретного опрыскивателя при выполнении конкретного задания. Если параметры совпадают с табличными – опрыскиватель работоспособен, если некоторые параметры не совпадают – неработоспособен. Затем устанавливают максимально возможный скоростной режим (передачу КПП трактора).

Что касается технического состояния опрыскивателя, то мы исходим из того, что все узлы его исправны. Хотя на самом деле это не так. Достаточно сказать, что более 60 % парка опрыскивателей находятся за пределами амортизационного срока.

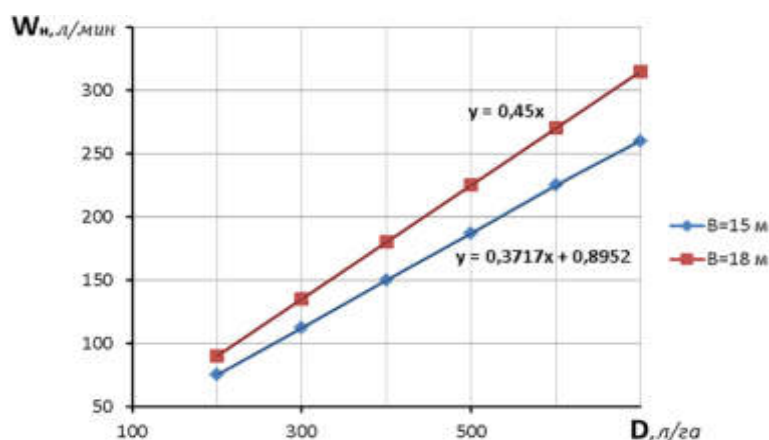


Рис. 1. Зависимость производительности насоса от дозы вылива рабочего раствора при максимальной скорости движения агрегата 15 км/ч

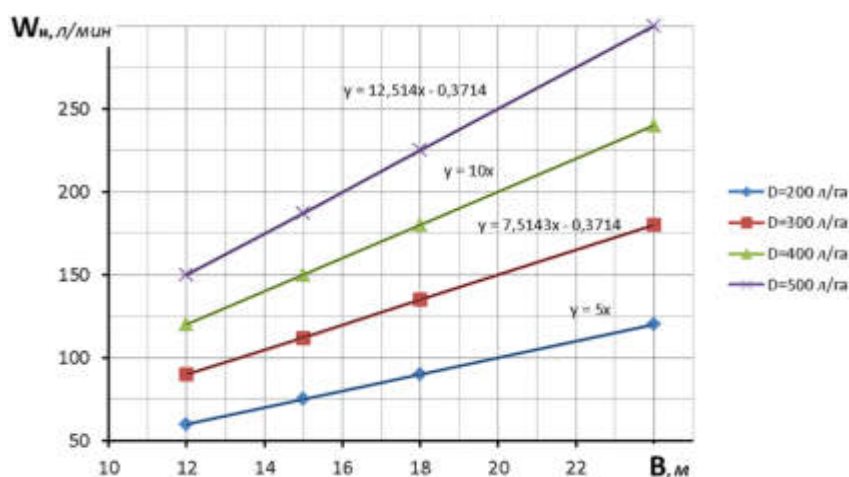


Рис. 2. Зависимость производительности насоса от ширины захвата штанги при максимальной скорости движения агрегата 15 км/ч

Таким образом, агроном или инженер, а лучше всего вместе, имеют возможность составить достоверный подробный наряд механизатору на выполнение соответствующей химзащитной работы в хозяйстве. При этом у них появляется возможность проконтролировать соблюдение механизатором заданного скоростного режима, значит, будет гарантировано и лучшее качество обработки.

Согласно данным РНДУП «Институт защиты растений» в Республике Беларусь более 90 % всех химзащитных работ выполняются дозами 200 л/га водных растворов. Данный факт, согласно таблице, делает возможным использование на всех опрыскивателях страны насоса производительностью 120 л/мин. При этом за 1 час основного времени обеспечиваются одна и та же максимальная производительность обработки целевого объекта всеми опрыскивателями даже с баками различной вместимости (при максимально допустимой скорости движения опрыскивателя 15 км/ч, ширина захвата штанги 24 м) и стабильное поддерживающее перемешивание рабочего раствора.

Заключение

Анализ уровня технической обеспеченности сферы применения химических средств защиты растений в сельском хозяйстве республики показал, что фактическая обеспеченность сельскохозяйственных предприятий страны опрыскивателями составляет примерно 50 % от потребности, при этом больше половины их находятся на пределе или за пределами амортизационного срока; на многие не сохранились руководства по эксплуатации, а приборы по настройке и регулировке этой техники в хозяйствах отсутствуют [2], их настройка на заданную дозу вылива рабочего раствора проводится «на глаз», что недопустимо.

В результате выполнения НИР:

1) разработаны конкретные, реально осуществимые рекомендации для руководителей и специалистов сельскохозяйственных предприятий, выполнение которых позволит в сложившихся условиях обеспечить более эффективное применение химических средств защиты растений;

2) проведены расчеты и составлена обобщающая таблица, определяющая границы работоспособности опрыскивателей, учитывающие мощность насосов, рабочую ширину захвата, дозы вылива раствора и рабочую скорость их движения.

Пользуясь ею, специалисты с/х предприятий смогут квалифицированно оценивать соответствие технико-технологических параметров имеющихся в хозяйстве опрыскивателей табличным (эталонным) и грамотно формулировать задание исполнителю (механизатору) химзащитных работ;

3) установлено, что наличие остатка рабочего раствора на поддерживающее перемешивание от расхода на опрыскивание свидетельствует о работоспособности опрыскивателя с конкретны-

ми технико-технологическими параметрами: производительностью насоса, рабочей шириной захвата, рабочей скоростью движения, нормой вылива раствора.

Отсутствие остатка раствора на поддерживающее перемешивание свидетельствует о неработоспособности опрыскивателя по причине неправильной взаимоувязки перечисленных параметров;

4) исследованиями установлено, что практически все имеющиеся в республике опрыскиватели, оснащенные насосами производительностью 120 л/мин, работоспособны на дозе вылива рабочего раствора 200 л/га, даже при максимально допустимой рабочей скорости 12 км/час и ширине захвата штанги 24 м;

5) согласно данным РНДУП «Институт защиты растений» в республике Беларусь более 90 % всех химзащитных работ выполняется дозами 200 л/га водных растворов. Поэтому целесообразно в условиях сельского хозяйства Беларуси иметь все опрыскиватели с насосами мощностью 120 л/мин.

Список использованных источников

1. Степук Л.Я. Проблемы технического обеспечения химзащитных работ и пути их решения/ Л.Я. Степук, С.В. Сорока, П.П. Бегун// Земледелие и растениеводство – 2021– № 5 (138) – С. 25-28.
2. Степук Л.Я. Приборное обеспечение химзащитных работ / Степук Л.Я., Петровец В.Р., Бегун П.П./ Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Международной научно-технической конференции РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», посвященной 110-летию со дня рождения академика М.Е. Мацепуро. – Минск. – 2018. – С. 76–79.

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

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

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ СТРУКТУРЫ УНИВЕРСАЛЬНОЙ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ МОНИТОРИНГА И УХОДА ЗА ПОСАДКАМИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Аннотация. В статье приведен обзор и анализ имеющихся структур роботизированных платформ. На основании проведенного обзора исследований предложена и разработана структура универсальной роботизированной платформы для мониторинга и ухода за посадками сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: роботизированная платформа, GPS-навигация, техническое зрение, структура, робот, шасси.

D.I. Komlach, A. S. Verabei, I. A. Baranovskij

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

BY THE QUESTION CREATE OF THE STRUCTURE OF AN UNIVERSAL ROBOTIC PLATFORM FOR MONITORING AND CARING FOR CROPS

Abstract. The article was did analyses have structures of the robotic platform. Based on the did analyses researches, was proper structure has been proposed universal robotic platform for monitoring and caring for crops.

Keywords: robotic platform, GPS-navigation, the technical vision, structure, robot, wheels.

Введение

В настоящее время производство сельскохозяйственных продуктов сталкивается со значительными проблемами с точки зрения эффективности производства и охраны окружающей среды. Эти проблемы подразделяются на такие категории, как снижение плодородия почвы, нехватка рабочей силы, сокращение использования пестицидов, снижение энергоёмкости сельскохозяйственных работ и прочее. Так, требования повышения производительности машинно-тракторных агрегатов привели к использованию больших тяжелых машин в сельском хозяйстве. Было достигнуто повышение эффективности операций, но в то же время структура почвы была нарушена, и функция почвы как питательной среды была поставлена под угрозу. Ожидается, что в долгосрочной перспективе это приведет к необратимым проблемам с развитием культурных растений. Кроме того, сочетание тяжелой техники и уплотненного грунта увеличивает потребность в энергии для различных полевых операций, в некоторых случаях до 70–80 %. Эти задачи требуют инноваций с точки зрения новых типов машин и повышенной автоматизации на различных уровнях процессов, включая робототехнику.

Робототехника и автономные системы призваны преобразовать отрасли сельского хозяйства со значительными экономическими, социальными и экологическими эффектами. Долгосрочное видение технического перевооружения сельского хозяйства заключается в развитии нового поколения интеллектуальных, гибких, надежных, совместимых, взаимосвязанных роботизированных систем.

Основная часть

Отдельно взятый робот – автоматическое устройство, предназначенное для осуществления производственных и других операций в сельском хозяйстве, которое действует по заранее заложённой программе и получает информацию о внешнем мире от датчиков, самостоятельно осуществляет производственные и иные операции, обычно выполняемые человеком. При этом робот может как иметь связь с оператором (получать от него команды), так и действовать автономно [1].

Анализ исследований имеющихся на сегодняшний день роботов показывает, что наибольшее внимание заслуживают роботы для возделывания сельскохозяйственных культур, в частности, роботизированные комплексы для уничтожения сорняков (роботы-пропольщики и роботы-прореживатели) и самоходные роботы для мониторинга состояния посевов.

В основном такая техника предназначена для выполнения повторяющихся операций при возделывании различных сельскохозяйственных культур. При этом главная цель ее применения в аграрной отрасли состоит в замене человеческого труда, минимизации вредного воздействия химических средств на людей и окружающую среду, а также в повышении производительности предприятий и урожайности возделываемых культур.

Один из основных аспектов сельскохозяйственной робототехники связан с заменой рабочей силы полевыми роботами или механизированными системами, которые могут выполнять задачи более точно и равномерно при меньших затратах и более высокой эффективности. Борьба с сорняками и точное опрыскивание, пожалуй, являются наиболее востребованными приложениями для сельскохозяйственных полевых роботов. В связи с этим целенаправленное опрыскивание роботами для борьбы с сорняками показало приемлемые результаты и снизило использование гербицидов на 5–10 % по сравнению с общим опрыскиванием. За последние 10 лет в результате междисциплинарных совместных проектов между различными международными исследовательскими группами и компаниями были внедрены различные перспективные технологии для роботов-пропольщиков. Активно участвуют в исследованиях и разработках различных типов роботов для борьбы с сорняками исследовательский центр и университет Вагенингена (Нидерланды), Технологический университет Квинсленда, Сиднейский университет (Саннивейл, Калифорния, США), компания ecoRobotix (Швейцария) и компания Naio Technologies (Франция) [2].

На рис. 1 показаны разработанные этими и другими научными центрами устройства [2–9]:

- BoniRob (а), интегрированная многоцелевая сельскохозяйственная роботизированная платформа для борьбы с сорняками пропашных культур, разработанная междисциплинарными командами, которая также способна создавать подробную карту поля;
- AgBot II (б), прототип инновационного полевого робота, разработанный Технологическим университетом Квинсленда для автономного внесения удобрений, обнаружения и классификации сорняков и механической или химической борьбы с сорняками;
- Autonome (в), робот для исследований, разработанный Университетом прикладных наук Оснабрюка для борьбы с сорняками;
- Tertill (г), полностью автономный компактный робот на солнечных батареях, разработанный FranklinRobotics для срезания сорняков;
- Hortibot (д), робот, разработанный факультетом сельскохозяйственных наук Орхусского университета для транспортировки и крепления различных средств обнаружения и контроля сорняков, таких как камеры, гербициды и опрыскивающие стрелы;
- Kongskilde Robotti (е), роботизированная платформа, оснащенная приводным ремнем, работающая на основе программного обеспечения FroboMind, которая может быть подключена к различным модулям и инструментам для автоматизированной и полуавтоматической механической борьбы с сорняками, точного посева, вскрытия борозд и очистки;
- RIPPA (ж), робот на солнечной энергии для интеллектуального восприятия и точного применения, разработанный Австралийским центром полевой робототехники при Сиднейском университете;
- Spray robot (з), разработанный HollandGreenmachine для интеллектуального применения химических веществ в теплицах.



Рис. 1. Роботы для борьбы с сорняками и целенаправленного опрыскивания: а) BoniRob(Deepfield Robotics); б) AgBot II(Queensland University of Technology); в) Autonomie Roboter (Osnabrück University); г) Tertill (Franklin Robotics); д) Hortibo; е) Kongskilde Robotti; ж) RIPPA (The University of Sydney); з) Spray robot (Hollandgreenmachine)

Гибкая многоцелевая платформа BoniRob (рис. 1 а) была разработана в качестве совместного проекта Университета Оснабрюка, стартапа DeepField Robotics, компании Robert Bosch и производителя машин Amazonen-Werker. При планировании программы борьбы с сорняками необходимо учитывать доступное время, рабочую силу, оборудование, затраты, виды сорняков и зараженные территории. Чтобы такой робот был эффективным, он должен уметь не только заменять утомительную ручную работу по удалению сорняков, но и сокращать использование распыления агрохимикатов и пестицидов на поле.

Некоторые из этих роботов могут сократить использование химических веществ для борьбы с сорняками на 80–90 %.

Для того чтобы вовремя обнаружить проблемный участок на засеянном поле, необходимо регулярно следить за состоянием растений. Однако при больших площадях ручной осмотр культур становится крайне неэффективным.

Некоторые из самых передовых роботизированных технологий для автоматизированной разведки полей и сбора данных показаны на рис. 2, включая [2], [10]–[18]:



Рис. 2. Роботы общего назначения для полевой разведки и сбора данных: а) TrimBot; б) Wall-Ye vinyard robot; в) Lady bird; г) MARS; д) SMP S4; е) VineRobot; ж) HV-100 Nursery Bot; з) VinBot; и) GRAPE; к) Mantis

- Trimbot 2020 (а), уличный робот, основанный на коммерческой платформе газонокосилки Bosch Indigo и роботизированной руке Kinova для автоматической обрезки кустов и обрезки роз;
- Wall-Ye (б), прототип робота-виноградника для картографирования, обрезки и, возможно, сбора винограда (wall-ye.com);
- Lady bird (в), автономный многоцелевой сельскохозяйственный робот для наблюдения, картографирования, классификации и обнаружения различных овощей;
- MARS (г), небольшие и ориентированные на поток мобильные роботы, которые минимально уплотняют почву, имеют небольшое потребление энергии и направлены на оптимизацию точного земледелия для конкретных растений;
- SMP S4 (д), робот для наблюдения за птицами и борьбы с вредителями, разработанный SMP Robotics (smprobotics.com);
- VineRobot (е), робот, оснащенный передовыми датчиками и искусственным интеллектом для мониторинга поля для оценки состояния растений, разработанный в Политехническом университете Валенсии,
- HV-100 Nursery Bot (ж), легкий робот, разработанный компанией Harvest Automation для перемещения растений и деревьев в горшках в теплицах и небольших садах;
- VinBot (з), вездеходный мобильный робот с усовершенствованными датчиками для автономного получения изображений и сбора 3D-данных с виноградника для оценки урожайности и обмена информацией;
- GRAPE (и), наземный робот для мониторинга и защиты виноградников, финансируемый Европейским союзом для интеллектуальной автономной навигации, обнаружения растений и мониторинга состояния здоровья, а также манипулирования небольшими объектами;
- Mantis (к), гибкая роботизированная платформа для сбора данных общего назначения, оснащенная радаром, лидаром, панорамными, стереовизионными и тепловизионными камерами.

Преимущество всех роботов для мониторинга состоит в возможности круглосуточной работы по анализу состояния полей.

Основной существенный недостаток самоходных роботов для мониторинга в сравнении с дронами – их ограниченная проходимость в случае плохих погодных условий (например, весенняя распутица) или сложного рельефа местности (например, виноградники).

На основании выполненного анализа, с целью повышения качества мониторинга за состоянием и ухода за посадками сельскохозяйственных культур лабораторией механизации производства овощей и корнеклубнеплодов РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» согласно заданию «Разработка концепции создания универсальной роботизированной платформы для мониторинга за состоянием и ухода за посадками сельскохозяйственных культур» по договору с БРФФИ № T21МН-003 от 01.07.2021 была разработана структура универсальной роботизированной платформы для мониторинга за состоянием и ухода за посадками сельскохозяйственных культур (рис. 3).



Рис. 3. Структурная схема роботизированной платформы: 1) – рама; 2) – управляемые мотор-колеса; 3) – система навигации и управления; 4) – система технического зрения; 5) – система питания

Роботизированная платформа будет состоять из шасси, которые включают в себя раму и управляемые мотор-колеса, системы навигации и управления, системы питания, датчика, системы технического зрения.

Рама будет создавать определённую прочность и жёсткость структуры, для удобства монтажа на нее основных узлов и комплектующих. Управляемые мотор-колеса предназначены для осуществления перемещения и поворотов роботизированной платформы. Система навигации и управления позволит определять положение робота относительно окружающих его препятствий. Система технического зрения направлена на позиционирование агрегата. Система питания позволит поддерживать работоспособность роботизированной платформы в полевых условиях.

Так как пропалочная машина будет являться универсальной, ее структура предусматривает изменение колеи колес от 900 до 1800 мм с интервалом 50 мм под необходимое междурядье за счет раздвижного механизма.

Достаточно весомым компонентом любого способа движения является радиус поворота агрегата. Ведь чем меньше радиус поворота, тем меньше времени и энергии затрачивается на совершение разворота.

Роботизированная платформа при повороте предусматривает привод всех колес в положение 40° (рис. 4). При прямолинейном движении все четыре ведущие колеса предполагают наличие возможности подруливания (рис. 5).

Управление платформой планируется обеспечиваться оператором при помощи комбинации мехатронной системы и искусственного интеллекта, которая планирует включать в себя только что описанную механическую концепцию, а также электронику и системы управления транспортного средства для правильного приведения в действие механической подсистемы. Структура электроники должна располагаться вокруг платформенного компьютера. Компьютер платформы предполагает взаимодействие с датчиками и исполнительными механизмами через локальную сеть контроллера. Приемник глобальной системы позиционирования (GPS) планирует предоставлять информацию о местоположении на основе кинематических поправок в реальном времени (RTK) с базы GPS.

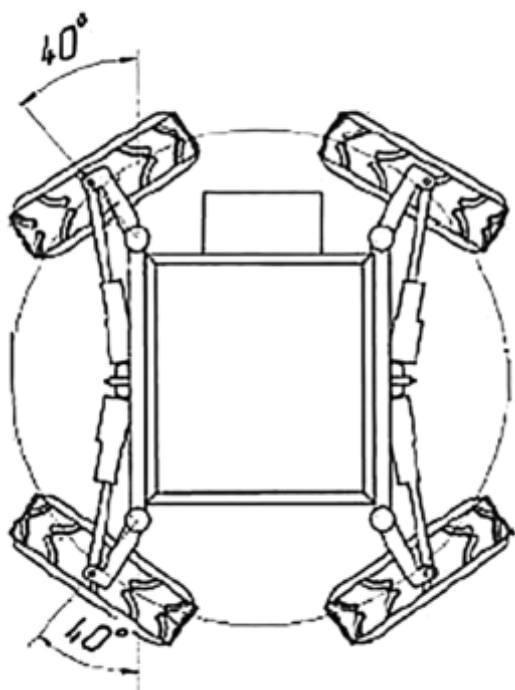


Рис. 4. Положение колес при развороте

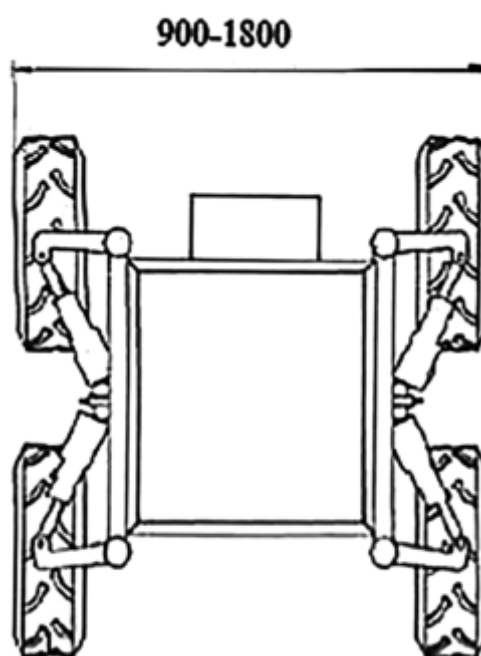


Рис. 5. Положение колес для прямолинейного движения

Программное обеспечение платформы будет играть центральную роль в управлении транспортным средством, поскольку оно будет обеспечивать управление транспортным средством в режиме реального времени, интеграцию датчиков и связь. Программное обеспечение платформы будет реализовано в операционной системе Linux.

Возможность применения систем технического зрения и GPS-навигации для управления роботизированной платформой для мониторинга за состоянием и ухода за посадками сельскохозяйственных культур позволит автоматизировать управление в режиме реального времени. Установлено, что в основе системы технического зрения лежит цифровая камера, которая снимает окружающее пространство, затем полученные данные обрабатываются процессором с использованием определенного алгоритма анализа изображения для выделения из них и классификации интересующих нас параметров. На этом этапе идет подготовка и вывод данных в виде, подходящем к обработке контроллером робота. Затем данные обрабатываются и передаются на исполнительные механизмы роботизированной платформы. Что касается системы GPS-навигации, то она позволяет в дополнение к системе технического зрения определить положение универсальной роботизированной платформы в пространстве.

Таким образом, предлагаемая роботизированная платформа для мониторинга за состоянием и уходом за посадками сельскохозяйственных культур позволит существенно изменить подходы к выполнению полевых технологических операций в производстве сельскохозяйственных культур минимизируя влияние окружающей среды и человеческого фактора.

Заключение

В статье предложена уникальная структура универсальной роботизированной платформы, предназначенной для мониторинга за состоянием и уходом за посадками сельскохозяйственных культур, которая позволит обеспечить получение качественной сельскохозяйственной продукции, снизить ее себестоимость и повысить плодородие почвы.

Основные компоненты универсальной роботизированной платформы, включающие программное обеспечение и исполнительные механизмы, будут разработаны ведущими учеными НАН Беларуси.

Список использованных источников

1. Шевченко А. В. Обзор состояния мирового рынка робототехники для сельского хозяйства / А. В. Шевченко, Р. В. Мешеряков, А. Н. Миначев // Беспилотная агротехника. Пробл. управл. – 2019 г. – Ч. 1. – выпуск 5. – 5с.
2. Redmond, R.S. Research and development in agricultural robotics: A perspective of digital farming / R.S. Redmond, W. Cornelia, A. H. Ibrahim, J.Y. Ian, E.G. Tony, K.B. Siva, P. Lenka, A. Desa, C. Girish / Int J Agric & Biol Eng. – Vol. 11, №4. – 2018. – P. 1–14.
3. Ruckelshausen, A. BoniRoban autonomous field robot platform for individual plant phenotyping / A. Ruckelshausen, P. Biber, M. Dorna, H. Gremmes, R. Klose, A. Linz // Precis. Agric. – 2009. – Vol. 9, №841.
4. Bawden, O. A lightweight, modular robotic vehicle for the sustainable intensification of agriculture / O. Bawden, D. Ball, J. Kulk, T. Perez, R. Russell // Australian Robotics & Automation Association ARAA. – 2014.
5. Ruckelshausen, A. Autonome Roboter zur Unkrautbekämpfung. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz / A. Ruckelshausen, R. Klose, A. Linz, J. Marquering, M. Thiel, S. Tölke. – 2006. – P. 173–180.
6. MacKean, R. Weeding robot and method / R. MacKean, J.L. Jones, Jr.J. Francis // Google Patents. – 24-Aug-2017.
7. Jørgensen, R.N. Hortibot: A system design of a robotic tool carrier for high-tech plant nursing / R.N. Jørgensen, C.G. Sørensen, J. Maagaard, I. Havn, K. Jensen, H.T. Søgaard // CIGR Ejournal. – Vol. 9, №1. – 2007.
8. Green, O. Commercial autonomous agricultural platform / T. Schmidt, R.P. Pietrzkowski, K. Jensen, M. Larsen, R.N. Jørgensen // Kongsilde Robotti. Second International Conference on Robotics and associated High-technologies and Equipment for Agriculture and Forestry. – 2014. – P. 351–356.
9. Bogue, R. Robots poised to revolutionise agriculture / R. Bogue // Ind. Rob. – 2016. – Vol. 43, №5. – P. 450–456.
10. Strisciuglio, N. TrimBot2020: an outdoor robot for automatic gardening / N. Strisciuglio, R. Tylecek, N. Petkov, P. Bieber, J. Hemming, E. Henten // arXiv Prepr. – 2018.
11. Diago, M.P. New robot for vineyard monitoring / M.P. Diago, J.A. Tardaguila // Wine Vitic. J. – 2015. – Vol. 30, №3. – 38 p.
12. Underwood, J.P. Real-time target detection and steerable spray for vegetable crops. in Proceedings of the International Conference on Robotics and Automation / J.P. Underwood, M. Calleja, Z. Taylor, C. Hung, J. Nieto, R. Fitch // Robotics in Agriculture Workshop, Seattle, WA. – USA, 2015. – P. 26–30.

13. Bergerman, M. Robotics in agriculture and forestry / M. Bergerman, J. Billingsley, J. Reid, E. Henten // in Springer Handbook of Robotics. – Springer, 2016. – P. 1463–1492.
14. Blender, T. Managing a Mobile Agricultural Robot Swarm for a seeding task / Blender T., Buchner T., Fernandez B., Pichlmaier B., Schlegel C. // Industrial Electronics Society, IECON 2016-42nd Annual Conference of the IEEE. – 2016. – P. 6879–6886.
15. Blender, T. Motion control for omni-drive servicerobots under Kinematic, Dynamic And Shape Constraints / T. Blender, C. Schlegel // IEEE 20th Conference on Emerging Technologies & Factory Automation (ETFA). – 2015. – P. 1–8.
16. Guzmán, R. Autonomous hybrid GPS/reactive navigation of an unmanned ground vehicle for precision viticulture-VINBOT / R. Guzmán, J. Ariño, R. Navarro, C.M. Lopes, J. Graça, M. Reyes // In 62nd German Winegrowers Conference At. – Stuttgart, 2016.
17. Roure, F. GRAPE: Ground Robot for vineyard Monitoring and Protection / F. Roure, G. Moreno, M. Soler, D. Faconti, D. Serrano, P. Astolfi // Iberian Robotics Conference. – 2017. – P. 249–260.
18. Lopes, C.M. Vineyard yield estimation by VINBOT robot-preliminary results with the white variety Viosinho / C.M. Lopes, J. Graça, J. Sastre, M. Reyes, R. Guzmán, R. Braga // Proceedings of 11th Int. Terroir Congress. Jones, G. and Doran, N. (eds.), Southern Oregon University. – USA, 2016. – P.458–463.

Э.В. Дыба, к.т.н., доц., Л.И. Трофимович, науч. сотрудник

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: dibua-18@mail.ru, trofimovich88@mail.ru

ОБЗОР И АНАЛИЗ ИЗВЕСТНЫХ ЛЕНТОЧНЫХ ВАЛКОВАТЕЛЕЙ

Аннотация. В статье приведены обзор и анализ известных валкователей травяных кормов ленточного типа. Представлены достоинства и недостатки данных валкователей, а также тенденции развития их технического уровня.

Ключевые слова: кормопроизводство, валкование, ленточные валкователи, подборщик, ленточный транспортер, травяные корма, загрязнение кормов, качество травяных кормов, чистый и бережный подбор.

E.V. Dyba, L.I. Trofimovich

RUE "SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization"

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: dibua-18@mail.ru, trofimovich88@mail.ru

OVERVIEW AND ANALYSIS OF WELL-KNOWN BELT ROLLERS

Abstract. The article presents an overview and analysis of the well-known belt-type grass feed fellers. The advantages and disadvantages of these rollers are presented, as well as trends in the development of their technical level.

Keywords: feed production, felling, belt feller, picker, belt conveyor, grass feed, contamination of feed, quality of grass feed, clean and careful selection.

Введение

В Республике Беларусь каждый сезон заготавливают большое количество травяных кормов (планируемый объём заготовки травяных кормов в сельскохозяйственных организациях республики на 2022 год: сено – 955,2 тыс. тонн; сенаж – 13 429,2 тыс. тонн; силос – 19 092,8 тыс. тонн, зеленые корма – 14 035,0 тыс. тонн), вкладывают значительные средства в их производство и понимают, что не имеют права терять качество или оставлять белок на поле из-за несовершенства операций подбора и валкования. Известно, что роторные и колесно-пальцевые грабли формируют валок, перемещая зеленую массу по полю, поднимая пыль, повреждая скошенные растения и оставляя часть урожая на поле [1–4]. Потери могут быть слишком значительными даже по сравнению со стоимостью новой машины [5]. В связи с этим для выполнения работ по формированию валков действительно назрела необходимость использования новых машин, обеспечивающих минимальные потери и загрязнение кормов.

Чтобы собрать грубые корма с минимальными потерями и наименьшим загрязнением, к тому же щадяще к следующей генерации растений травостоя, в США и Западной Европе уже несколько лет подряд используют валкователи ленточного типа.

Основная часть

В результате выполненного обзора лучших промышленно освоенных объектов техники было установлено, что фирмами «Reiter (RT Engineering)» (Австрия), «ROC» (Италия), «POTTINGER» (Австрия), «KUNH» (Франция), «SIP» (Словения) «Oxbo International Corp» (США) и др. были разработаны и реализуются сельхозпроизводителям валкователи травяных кормов ленточного типа, предназначенные для подбора и укладки скошенной массы в один или два валка для последующей уборки пресс-подборщиком или кормоуборочным комбайном (рис. 1–4).



Рис. 1. Ленточный валкователь RESPIRO R 9 PROFI фирмы «Reiter (RT Engineering)» (Австрия)



Рис. 2. Ленточный валкователь RT 1000 фирмы «ROC» (Италия)



Рис. 3. Ленточный валкователь MERGE MAXX 950 фирмы «KUNN» (Франция)



Рис. 4. Ленточный валкователь Mergento VT 9220 фирмы «POTTINGER» (Австрия)

Принцип действия ленточных валкователей можно сравнить с принципом работы подборщика кормоуборочного комбайна или прицепных косилок с ленточным транспортером – скошенная масса не стягивается в валок по земле, а без дополнительного соприкосновения с почвой подхватывается и укладывается в него. В этом проявляется первое преимущество рассматриваемых машин. Корма в меньшей степени подвергаются загрязнению в сравнении с другими технологиями валкования, прежде всего при работе роторными валкообразователями и колесно-пальцевыми граблями. К тому же благодаря этому снижается износ машин во всей последующей уборочной цепочке, независимо от того, какие машины она включает – кормоуборочный комбайн, прицеп-подборщик или пресс-подборщик. Кроме того, в валок попадает меньше камней.

Щадящий режим уборки приобретает особое значение при работе на подборе низкоурожайной массы и сведении ее с нескольких прокосов в один валок. В этом отношении ленточные валкователи идеально подходят для работы с люцерной. Благодаря деликатному подбору скошенной массы листва люцерны, богатая белками, останется на стебле и попадет в валок, соответственно существенно повышается ценность и качество кормов из этой культуры. Также такие машины не повреждают молодые побеги люцерны, которые могут уже начать отрастать в процессе, когда идет валкование. А это ускоряет срок отрастания нового урожая [6].

Еще один плюс в копилку ленточных валкователей – более высокая максимальная рабочая скорость. В зависимости от конфигурации поля и урожайности скошенной массы изготовители говорят об увеличении рабочей скорости по сравнению с другими решениями на 2–8 км/ч и указывают максимально возможную – до 20 км/ч [7]. На низких рабочих скоростях ленточные валкователи великолепно справляются с большим количеством скошенной массы.

При подборе ленточными валкователями лучше перемешиваются уже сухие и еще влажные компоненты, в дальнейшем травяная масса просушивается равномерно благодаря рыхлости образуемого валка. Но такое интенсивное перемешивание при работе с длинностебельчатой массой может привести к силь-

ному ее переплетению в валке. Поэтому скошенный материал лучше укладывать стеблями по направлению движения.

Сформированный ленточным валкователем богатый валок удобнее для кормоуборочного комбайна: его производительность и эффективность работы повышаются за счет сокращения числа проходов. По данным отдельных производителей, оптимальный валок способствует увеличению скорости работы комбайна на 20 % [7].

С выходом на рынок итальянской компании «ROC», австрийской фирмы «Reiter» и обновлением машины Merge Maxx производства фирмы «Kuhn» ленточные валкователи стали все чаще оказываться в центре внимания аграриев. Однако сложностей выбора не избежать – столь велики отличия у машин различных моделей и производителей в вопросах организации подбора массы, адаптации к рельефу, гибкости в эксплуатации. Далее подробнее рассмотрим основные и, на наш взгляд, перспективные модели ленточных валкователей.

Важно отметить, что для всех ленточных валкователей характерен гидравлический привод подборщика и поперечных ленточных транспортеров. Гидравлика позволяет регулировать частоту вращения вала и скорость работы в зависимости от условий уборки. В прицепных вариантах орудий с большой шириной захвата масло по гидроконтуре гонится одним или двумя масляными насосами, приводимыми от вала отбора мощности и имеющими собственный запас масла. Во фронтально навешиваемых орудиях циркуляция масла обеспечивается системой управления фронтальными агрегатами трактора.

KUHN. На выставке Agritechnica-2017 компания Kuhn представила свой новый валкователь Merge Maxx 950, который во многих отношениях превосходил предшественников Merge Maxx 900. У Merge Maxx 900 была очень большая масса, превышающая 7 т. Merge Maxx 950 весит меньше – около 4,8 т, но зато у него отсутствует средний ленточный транспортер (у модели 900 откидывающийся вверх для укладки валка по центру), и работает он только с двумя поперечными ленточными транспортерами. В результате такого своего облегчения Merge Maxx 950 выиграл в плане цены. Если Merge Maxx 900 предлагается примерно за 100 000 евро, то 950-й обойдется в сумму поменьше [7].

Благодаря восьми разным способам подачи Merge Maxx 950 уникален в плане универсальности и способен формировать валки слева, справа или по центру. Для этого ленты движутся влево или вправо с независимой настройкой, раздвигаются с образованием зазора (2 м) или сдвигаются вплотную. Благодаря регулируемой ширине подбора от 7,50 м до 10,95 м, эти валкователи могут подбирать до 20–30 м растительной массы (рис. 5). Например, когда обе ленты сдвинуты и движутся в одном направлении, создается один цельный валок, при такой конфигурации подборщик с шириной захвата 9,5 м способен на втором и третьем укосе собирать массу с 21 м за два прохода. Такая техника уборки повышает скорость и производительность уборки, снижает количество валков на поле. В результате меньше времени затрачивается на поворотные полосы, увеличивается производительность тюкового пресс-подборщика, сокращается время на сбор и перевозку тюков с поля.



Рис 5. Ленточный валкователь MERGE MAXX 950 в работе

У этой машины есть еще одна замечательная функция – при движении лент в одну сторону и их раздвижке можно переворачивать два валка после косилки с шириной захвата 3,5–4 м для досушки.

Полунавесной тип агрегатирования с трактором позволяет частично передать вес валкователя трактору, увеличивая устойчивость на дороге. За счёт компактных размеров (высота – 4 м, а транспортная ширина – 3 м) подборщик не создаёт проблем при транспортировке. Merge Maxx 950 имеет низкое давление опорных башмаков на почву – 0,065 кг/см². Башмаки имеют подвеску с ходом ± 20 –30 см для работы на неровной местности. Качество и равномерность подбора напрямую связаны с конструкцией подборщика. Пять рядов граблин подборщика, направляющиеся по беговой дорожке, в комбинации с щитком с роликом оптимизируют подбор, подъем и равномерную передачу кормовой массы на ленту. Масса подбирается подборщиком и направляется системой WINDGUARD, которая состоит из спиралевидной направляющей и ролика, которые распределяют поток для подачи на конвейерную ленту. Поток распределяется автоматически в зависимости от объема урожая. Результат – повышение уровня производительности за счет непрерывной массы, равномерных, хорошо продуваемых валков. В качестве дополнительного оборудования для укладки бокового валка можно использовать специальный фартук [8].

ROC. По разнообразию моделей ленточных валкователей итальянского производителя не обогатит никого: имеются три фронтальные модели с шириной захвата от 2,95 до 5,95 м, которые закрепляются на переднем или заднем подъемно-навесном устройствах или могут применяться в самоходных виндрузах; в прицепном исполнении предлагаются девять моделей, рамы которых образуются двумя, тремя или четырьмя сегментами, ширина захвата составляет от 4,9 до 10,8 м [6].

Все модели, кроме RT 710, оснащены двумя подборщиками и двумя ленточными элементами. Они способны формировать валки как по центру, так и сбоку. При этом возможна укладка в один центральный валок, один центральный плюс один боковой или в два боковых валка. В модели RT 870 для укладки в центральный валок необходимо демонтировать центральную секцию подборщика и ленты. Среди моделей с рабочей шириной до 8,7 м только модели RT 870 и RT 760 могут укладывать в боковой валок массу со всей ширины захвата. Перемещаемые секции подборщика и ленты для перехода с центрального валка на боковой у фронтальных моделей имеются лишь у RT 840.

Большие модели RT 950, RT 1000 (рис. 6) и RT 1220 могут формировать валки только сбоку, но есть выбор – в один валок или в два. В моделях с рамой из трех сегментов (RT 950, RT 1000) при укладке сбоку формируются два разных по объему валка: центральный ленточный транспортер подает массу на одну из сторон – «сильную». В модели RT 1220 с рамой из четырех сегментов образуются либо два равномерных, либо два неравномерных боковых валка [7].



Рис. 6. Ленточный валкователь RT 1000 в работе

Путем регулирования направления движения ленты можно индивидуально установить «сильную» и «слабую» стороны для формирования валков (рис. 7).

На всех ленточных валкователях фирмы ROC применяются управляемые подборщики большого диаметра, при этом зубья активны. В 2018 г. фирма ROC перешла с 5-рядного подборщика на 6-рядный, что должно значительно снизить потери, особенно при небольших объемах массы, и способствовать более бережному ее подбору. Трех- или четырехсегментарные рамы позволяют за счет расположения сегментов вразбежку друг к другу адаптироваться к неровностям почвы. При подборе высокоурожайной массы или при работе с соломой можно приподнять одно или оба крыла и тем уменьшить ширину захвата [6].

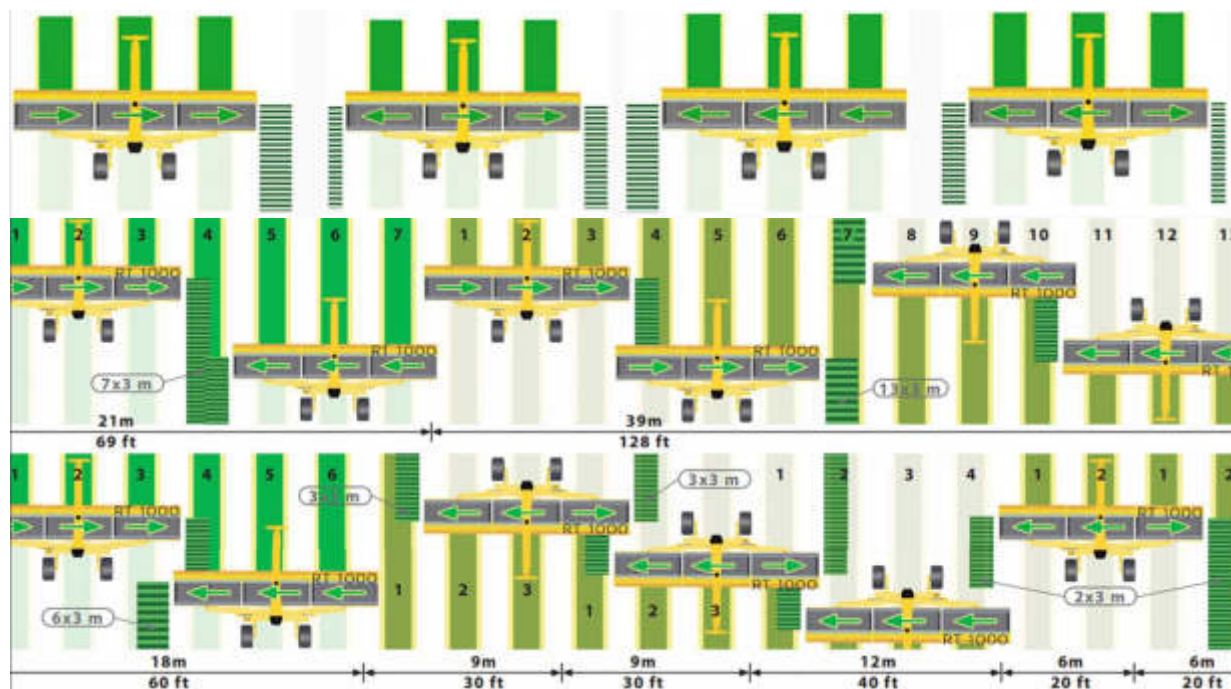


Рис. 7. Технологическая схема работы ленточного валкователя RT 1000

REITER. В 2017 г. на рынке валкообразователей появилось новое имя. Фирма «RT Engineering» (Reiter Innovative Technology) вышла на него с машиной *Respiro*, представленной в нескольких модификациях: фронтальные R3 compact или R3 profi с шириной захвата 3 м; навесной R9 profi с шириной захвата 7 м (укладка сбоку) или 9 м (укладка по центру). Еще хочется отметить способности полуприцепного *Respiro* R9 profi (рис. 8), который может укладывать как центральный, так и боковой валок. Это возможно за счет смещения двух ленточных транспортеров с помощью гидравлики. Оба ленточных блока приводятся в действие независимо друг от друга за счет аксиально-поршневого насоса с приводом от ВОМ трактора. Гидробак емкостью 180 л интегрирован во фронтальную часть основной рамы [7, 9].

Для валкователей этого бренда характерны независимые подборщики малого диаметра (330 мм) с шестью рядами зубьев. Подборщик оснащен сочленениями маятникового типа ($\pm 30\text{--}35\text{ мм}$), поэтому по всей ширине захвата обеспечивается хорошее копирование рельефа почвы (рис. 8). Компания планирует в дальнейшем увеличить ширину захвата машин до 14 или 16 м. Чистики изготовлены из знакомого агроинженерам износостойкого синтетического материала Robalon, используемого в производстве сошников плугов.

Еще одна особенность валкователя – сочетание «активных» и «пассивных» зубьев, которые должны почти полностью предотвращать попадание камней в поднимаемую массу. Есть в сочетании зубьев разной активности и недостаток: на поздних укусах, когда урожайность массы низкая, «пассивные» зубья не столь тщательны на подъеме по сравнению с «активными». Но тут компания Reiter уже работает над оптимизацией, и это не помешало ей запатентовать оригинальное крепле-



Рис. 8. Ленточный валкователь Respiro R9 profi в работе

ние зубьев, благодаря которому сломавшиеся не окажутся в скошенной массе. Смена сломанных зубьев, закрепленных в «батарею» из шести двойных, производится достаточно просто.

Еще одна характерная черта: вместо прижимного устройства над подборщиком установлен зубчатый ротор диаметром 42 см с гидроприводом и гидравлическим сбросом нагрузки с помощью азотных гидроаккумуляторов. Благодаря этому достигаются равномерность потока материала и качественная его передача на поперечные ленточные транспортеры, формируемый валок получается тоже равномерным по всей своей длине. Образование неоднородных по форме валков на машинах других производителей часто подвергается критике. Равномерное распределение массы способствует также увеличению скорости работы почти в два раза (на подборе соломы) [7, 9].

Из дальнейших преимуществ своих машин Reiter указывает на низкую частоту вращения подборщика (100-200 об/мин), и именно это позволяет ему обращаться с материалом на подъеме более бережно по сравнению с ленточными агрегатами других брендов.

Ведение сегментов подборщика осуществляется с помощью свободно вращающейся на 360° скользящей тарелки большого диаметра. Помимо колес для езды по дорогам общего назначения, валкователь имеет два опорных колеса на своих крыльях (рабочих секциях). Они позволяют равномерно распределить относительно большую массу 6,4 т по всей рабочей ширине.

Поперечные ленточные транспортеры имеют ширину 1 м, за исключением модели R3 compact, в которой опционально возможна ширина ленты 70 см. Особенно удобна такая модель для легких тракторов.

При работе с фронтальным ленточным валкователем наезда на убираемую массу не происходит, и это дополнительный плюс к технологическому преимуществу подъема массы без контакта с землей. Согласно данным фирмы Reiter, использование ленточных валкователей позволяет снизить содержание сырой золы в заготавливаемой массе в среднем на 12 г/кг СВ и более (94 вместо 106 г/кг СВ при использовании двухроторных валкователей) [7]. А это ведет к повышению молочной продуктивности коров и в результате способствует увеличению выручки с гектара почти на 100 евро в год (в зависимости от цен на молоко). Поскольку молочная продуктивность зависит от множества факторов, и основной корм только один из них, данный показатель стоит рассматривать как теоретически возможный максимум [7].

SIP. Этот изготовитель из Словении получил от компании Reiter лицензию на использование технологии укладывания в валки, реализованной в машинах Respiro, и создал четыре собственных ленточных валкователя, это Air 300 F (ширина ленточного транспортера 1 м), Air 300 ALP (ширина ленточного транспортера 0,70 м) с шириной захвата 3 м и Air 350 F с шириной захвата 3,50 м, навешиваются фронтально. Прицепная модель Air 500 T разрабатывалась совместно с Reiter, ее дышло поворотное, как и у прицепной косилки. Ширина захвата составляет 4,95 м. Во всех моделях Air рабочие органы с гидропневматической разгрузкой, контакт с поверхностью почвы обеспечивается поворотной скользящей тарелкой. Потребность в масле для привода ленточных транспортеров и роторов составляет 60 л/мин [7].

В 2022 году словенский производитель сельхозтехники SIP представил для аграриев новый ленточный валкователь Air 900 T, теперь в версии с рабочей шириной захвата 9 метров. Валкователь Air 900 T имеет гидравлический привод, который не зависит от частоты вращения роторов и скорости движения трактора. Air 900 T состоит из двух частей, которые могут укладывать урожай посередине или сбоку. С валком посередине рабочая ширина составляет 9 метров. Если сделать валок с одной из сторон, Air 900 T будет работать при ширине 7 метров.

Новинка SIP Air 900 T призвана составить конкуренцию новому ленточному валкователю от компании Pottinger, которая на прошлой неделе презентовала агрегат Mergento VT 9220 с рабочей шириной 9,20 метра.

POTTINGER. Специалист по кормозаготовительной технике Pottinger снова пополняет свой обширный ассортимент новым продуктом: новый ленточный валкователь Mergento VT 9220 (рис. 9). Машина работает по ширине, которая достигает 9,20 м для укладки центрального валка и 8,70 м для бокового валка. Универсальный агрегат может эффективно работать по таким культурам, как люцерна или трава, а также по селу и соломе. Маятниковый подборщик с кулачковым приводом имеет шесть рядов пальцев, слегка наклоненных вперед. Точка передачи между стойкой и лентой расположена на 120 мм выше конвейерной ленты. Корм падает на ленту сам по себе, а следующая за ним масса оказывает давление и таким образом заполняет всю ширину конвейерной ленты [10].



Рис. 9. Ленточный валкователь Mergento VT 9220 в работе

Копирующие колеса, расположенные очень близко к первому ряду пальцев, повторяют контуры местности и рельеф поля. Подвеска узла обеспечивается центральным креплением, полностью свободным от перемещения двух блоков. Опорные рычаги оснащены тремя цилиндрами, чтобы быстро реагировать на неровности почвы. В режиме центральной полосы вертикальное перемещение составляет от -195 до $+475$ мм, поперечное перемещение – от -13° до $+30^\circ$. Наклон в направлении движения адаптируется от 0 до $+11,5^\circ$ [10].

На разворотной полосе рабочие органы VT 9220 отключаются автоматически, прежде чем они будут подняты, перезапуск происходит в автоматическом режиме после окончательного завершения маневра. Задержка выключения и перезапуска задается с пульта управления в кабине трактора. Также с пульта управления механизатор может регулировать направление вращения и положение двух секций.

Сравнительная техническая характеристика наиболее известных и высокопроизводительных зарубежных ленточных валкователей представлена в таблице.

Сравнительная техническая характеристика ленточных валкователей

Наименование технических, конструктивных и эксплуатационных показателей	Единица измерения	Величина показателей			
		Mergento VT 9220 фирмы «POTTINGER», Австрия	MERGE MAXX 950 фирмы «KUNN», Франция	RESPIRO R 9 PROFI фирмы «RT Engineering», Австрия	RT 1000 фирмы «ROC», Италия
Рабочая ширина подбора	м	8,7/9,2	7,5/9,5	7,0/9,0	8,9
Рабочая ширина с валком	м	9,2 (боковой валок / центральный)	9,5 (боковой валок / центральный)	9,0 (боковой валок / центральный)	10,0 (боковой валок)
Количество рабочих секций	шт.	2	2	2	3
Транспортная ширина	м	3,0	3,0	2,96	3,0
Рабочая скорость	км/ч	до 16	до 16	до 16	до 16
Производительность (за 1 час основного времени)	га/ч	до 14,4	9-13	8-12	10-14
Мощность трактора	л/с	90	85	150	120-150
Производительность гидравлики	л/мин	не менее 60	не менее 60	не менее 60	не менее 60
Привод подборщиков и транспортеров	тип	гидравлический	гидравлический	гидравлический	гидравлический
Колеса	типо-размер	500/50-17,0	400/55-22,5	500/50-22,5	500/50-17,0
Масса	кг	4750	4845	6400	4980
Цена (на 2022 г.)	руб. евро	351 120,00 132 000,00	266 000,00 100 000,00	556 317,00 213 968,00	319 200,00 120 000,00

Заключение

Технические решения различных производителей отличаются деталями. Для ленточных валкователей характерны высокая производительность, возможность выбора укладки валка – один или два, центральный или боковой, а также чистый и бережный подбор скошенной массы.

Ленточный валкователь подходит для процесса заготовки силоса, сена или сенажа, позволяя валковать люцерну, сорго, пшеницу, мискантус, солому, кукурузу, а также различные травяные и бобовые культуры. Применение ленточного валкователя позволит также:

- формировать один большой валок без потери качества каждые 9, 18, 27, 36 и 45 метров, что позволяет существенно сэкономить топливо и обеспечить необходимую загрузку кормоуборочного комбайна, пресс-подборщика и прицеп-подборщика;
- осуществлять заготовку кормов в более сжатые сроки, так как производительность ленточного валкователя выше, чем у традиционных граблей-валкователей;
- обеспечить эффективную заготовку кормов при втором, третьем и последующих укосах, когда объем массы с гектара снижается;
- получать корма с высоким качеством, что в свою очередь повышает качество конечной продукции;
- снизить ветеринарные расходы, так как животные перестают страдать от желудочной инфекции, становятся здоровее и избегают смерти от клостридиоза;
- повышать продуктивность коров, которые согласно исследованиям начинают давать в сутки на 1–1,5 л молока больше, а это дополнительная прибыль.

Таким образом, учитывая весьма убедительные достоинства новых валкователей ленточного типа перед ротационными и колесно-пальцевыми граблями, становится абсолютно очевидной актуальность создания и освоения в производстве отечественного аналога валкователя, внедрение которого обеспечит повышение качества основных видов кормов, а значит, приблизит выполнение планов в кормопроизводстве Республики Беларусь.

Список использованных источников

1. Дыба, Э.В. Предпосылки к изучению влияния параметров рабочего органа сдвоенного типа к колесно-пальцевым граблям на качество валкования скошенных трав / Э.В. Дыба, В.В. Микульский // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2020. – Вып. 54. – С. 145–149.
2. Дыба, Э.В. Анализ современных конструкций колесно-пальцевых граблей, применяемых для валкования травяных кормов / Э.В. Дыба, Л.И. Трофимович // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Международной научно-технической конференции РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», посвященной 100-летию со дня рождения М.М. Севернёва. – Минск. – 2021. С. 50–63.
3. Дыба, Э.В. Анализ известных типов граблей-валкователей / Э.В. Дыба, В.В. Микульский, Л.И. Трофимович // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Международной научно-технической конференции РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», посвященной 100-летию со дня рождения М.М. Севернёва. – Минск. – 2021. – С. 104–109.
4. Дыба, Э.В. Поиск путей повышения качества травяных кормов / Э.В. Дыба, В.В. Микульский, Т.А. Непарко // Актуальные проблемы устойчивого развития сельских территорий и кадрового обеспечения АПК: материалы Международной научно-практической конференции (Минск, 3–4 июня 2021 года) / редкол.: Н.Н. Романюк [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2021. – С. 408–413.
5. Почему ленточный валкообразователь стоит внимания // Официальный сайт электронной версии журнала «Молоко и Ферма» [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: <http://milkua.info/ru/post/pocemu-lentocnyj-valkoobrazovatel-stoit-vnimania>. – Дата доступа: 12.09.2022.
6. Ленточные валкообразователи // Официальный сайт компании «ROC» [Электронный ресурс]. – 2022. – Режим доступа: <https://roc-rus.ru>. – Дата доступа: 12.09.2022.
7. Чисто, бережно и быстро // Официальный сайт электронной версии журнала «Новое сельское хозяйство» [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <https://www.nsh.ru/selhoztehnika/chisto-berezhno-i-bystro>. – Дата доступа: 12.09.2022.
8. Новый уровень валкования // Официальный сайт компании «KUNH» [Электронный ресурс]. – 2022. – Режим доступа: <https://www.kuhn.ru/zagotovka-kormov/valkoobrazovateli/lentochnye-valkoobrazovateli/merge-maxx>. – Дата доступа: 13.09.2022.
9. Продуктивность основных кормов возрастает // Официальный сайт компании «Reiter (RT Engineering)» [Электронный ресурс]. – 2022. – Режим доступа: <https://www.reiter-respiro.com/ru>. – Дата доступа: 14.09.2022.
10. Новый ленточный валкообразователь MERGENTO VT 9220 // Сайт компании «Pottinger» [Электронный ресурс]. – 2022. – Режим доступа: https://www.pottinger.at/ru_ru/newsroom/artikel/13731. – Дата доступа: 14.09.2022.

В. В. Голдыбан¹, к.т.н., В.И. Ветохин², д.т.н., П.П. Бегун¹, к.т.н.

¹*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»*

г. Минск, Республика Беларусь

e-mail: labpotato@mail.ru

²*Полтавский государственный аграрный университет*

г. Полтава, Республика Украина

e-mail: veto.vladim@gmail.com

ОБЩИЕ ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ НОВЫХ ФОРМ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН НА ОСНОВЕ ЭЛЕМЕНТОВ БИОНИКИ

Аннотация. В статье выполнен обзор существующих методов бионического проектирования. Установлено, что все существующие методы условно можно разделить на два типа: основанные на решении и основанные на проблеме. Алгоритм поиска решения, реализованный в последнем проблемно ориентированном методе, взят в работе за основу для разработки общей концепции бионического проектирования. Предложена модель бионического проектирования, включающая восемь основных последовательных к реализации шагов и являющаяся основой разрабатываемой концепции: определение технической проблемы; абстракция технической проблемы; поиск аналогий в природе; извлечение биологических принципов; абстракция биологических принципов; перенос биологических принципов в технику; производство прототипа; апробация.

Ключевые слова: бионика, проектирование, биология, земледельческая механика, инженерия, абстракция, методика.

V. V. Haldyban¹, PhD, V.I. Vetokhin², Grand PhD, P.P.Behun¹, PhD

¹*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»*

Minsk, Republic of Belarus

e-mail: labpotato@mail.ru

²*Poltava State Agrarian University*

Poltava, Ukraine

e-mail: veto.vladim@gmail.com

GENERAL APPROACHES TO THE DESIGN OF NEW FORMS WORKING BODIES OF AGRICULTURAL MACHINES BASED ON BIONICS ELEMENTS

Abstract. The article provides an overview of existing methods of bionic design. It is established that all existing methods can be divided into two types: solution-based and problem-based. The algorithm for finding a solution implemented in the last problem oriented method is taken in the work as the basis for the development of a general concept of bionic design. A model of bionic design is proposed, which includes eight main steps consistent with the implementation and is the basis of the concept being developed: definition of a technical problem; abstraction of a technical problem; search for analogies in nature; extraction of biological principles; abstraction of biological principles; transfer of biological principles into technology; production of a prototype; approbation.

Keywords: bionics, design, biology, agricultural mechanics, engineering, abstraction, methodology.

Введение

Разработка новых форм рабочих органов сельскохозяйственных машин, материалов и технологий, в частности, создание высокопрочных износостойких покрытий, в значительной степени определяет технический уровень сельхозмашиностроения и сельскохозяйственного производства в целом.

В последнее время в области земледельческой механики сформировалось новое научное направление, заключающееся в бионическом подходе к созданию сельскохозяйственных машин и рабочих органов. Наука, возникшая на стыке биологии и технологии, – бионика – применяет принципы и методы, абстрагированные от биологических систем к инженерному проектированию.

Руководитель научной школы «Механико-бионические основы разработки почвообрабатывающих машин» Бабицкий Л.Ф., говоря о бионике, отмечает: «Родившаяся на стыке биологических, физико-математических и технических наук, бионика ставит своей задачей использование принципов организации и функциональных схем биологических систем разного уровня при решении инженерно-технических задач».

Основная часть

Разработка методологии, с помощью которой мы можем изучать и исследовать новые инструменты и методы, позволяет нам контролировать процесс проектирования.

Известные методы работы в бионике или биомиметике можно сгруппировать в две основные группы:

- на основе решений (рис. 1);
- на основе проблем (рис. 2).



Рис. 1. Принцип проектирования на основе решений



Рис. 2. Проблемно ориентированный подход к проектированию

Как методы, основанные на решениях, так и методы, ориентированные на решение проблем, имеют разные отправные точки и разные характеристики в качестве процессов проектирования.

Метод, основанный на решениях, так называемый подход «снизу вверх» (BOTTOM-UP), описывает процесс разработки, в котором знания об интересующей биологической системе являются отправной точкой для технического проектирования. Биологическая система, представляющая интерес, выполняет функцию, которая должна быть воспроизведена в технологии. Эту биологическую систему необходимо глубоко понять, чтобы извлечь основополагающие принципы и определить проблемы проектирования, которые можно было бы решить с использованием этих принципов. Знания, касающиеся этих принципов, в основном получены в результате фундаментальных исследований. После их абстрагирования биологические принципы могут быть применены в технологии. Во многих случаях изучение живого существа приводит к изучению основного принципа, который может быть применен к нескольким продуктам в процессе адаптации.

Хорошим примером является изучение кожи акулы, которая получила множество применений в различных сферах благодаря своим характеристикам создания сухого слоя, нераспространения бактерий и микроорганизмов и снижения трения для создания купальников и водонепроницаемых подводных тканей или пластиковых пленок с антибактериальными микроструктурами, которые могут использоваться для защитных оболочек для медицинских инструментов и оборудования [1].

Метод на основе проблем или подход «сверху вниз» (TOP-DOWN) – это процесс разработки, направленный на решение практической проблемы, при этом выявленная проблема должна быть отправной точкой для процесса. Новые или улучшенные функции могут быть применены путем идентификации биологических систем, которые выполняют определенную функцию или механизм, а также путем абстрагирования и переноса этих принципов в технологию.

Наряду с описанными выше двумя стратегиями бионического проектирования в научно-исследовательских работах встречается классификация бионических подходов к проектированию по аналогии и по индукции [2–4]. По своей сущности это все те же подходы «сверху вниз» и «снизу вверх».

В процессе бионического проектирования по аналогии биологические исследования применяются для поиска решений конкретных инженерных задач. При проектировании методом индукции общие принципы, полученные из фундаментальных биологических исследований, используются для разработки технических реализаций. Эти два подхода предполагают разные временные рамки и перспективы.

Методология бионического проектирования по аналогии начинается с четкого определения проблемы, вытекающей из инженерии. На следующем этапе аналогичные проблемы ищутся в природе. Идет поиск ответа на вопрос: «Где в живом мире возникают подобные проблемы?». Затем анализируются примеры в природе, и конкретные результаты применяются при поиске решений инженерной проблемы. Примером успешного бионического проектирования по аналогии является использование крылышек-турбулизаторов потока в самолетах. Крылышки минимизируют сопротивление и вдохновлены кончиками крыльев некоторых птиц.

Преимущества этого метода заключаются в быстром и эффективном решении инженерных задач. Этот направленный метод по своей сути предоставляет управляемое количество примеров из природы.

Основой бионического проектирования методом индукции являются фундаментальные биологические исследования. Этот метод изначально не ориентирован на решение какой-либо конкретной задачи. Абстрагированный от биологической сферы и переведенный на неспецифический язык, принцип, лежащий в основе явления, раскрывается и уточняется. Впоследствии в сотрудничестве с инженерами и проектировщиками ищутся и разрабатываются возможные технологические приложения. Весьма успешным примером биомиметики путем индукции является эффект лотоса, изложенный в работе [5], который в настоящее время используется в живописи, покрытиях, текстиле, черепице и т.д.

Оба подхода объединяет то, что для их разработки необходимо междисциплинарное сотрудничество между технологией и биологией, и это трудно как для эксперта-биолога, так и для инженера: нелегко найти специалиста, способного применить результаты обоих процессов, трудно найти правильную информацию в правильном формате.

Рассмотрим еще некоторые подходы бионического проектирования, встречающиеся в литературе.

Рехенберг в работе [6] предлагает последовательную семиступенчатую процедуру для имитации биологических архетипов. Она начинается с определения технической функции, для которой должна быть найдена аналогичная биологическая функция. Затем сравниваются технические и биологические граничные условия, например, с помощью коэффициентов подобия (числа Рейнольдса). Если граничные условия одинаковы, необходимо сравнить какой-либо показатель эффективности (например, энергопотребление) технического и биологического решения. Последний шаг – имитировать биологический архетип. В процедуре отсутствуют циклы итераций и помощь в поиске подходящих архетипов. Более того, не дается никакой помощи в том,

как имитировать найденный архетип. Однако этот подход содержит хорошие идеи для проверки найденных архетипов.

Подход Хилла состоит из двух основных циклов:

- «определение целей»;
- «поиск решений» [7].

Первый цикл содержит основные этапы анализа и определение наборов требований. Из наборов требований определяются требования к парадоксу и определяется задача разработки. Во втором цикле первоначально идентифицируются так называемые биологические базовые функции, соответствующие ранее обнаруженным определениям. Для этих функций биологические структуры находятся в каталоге, структурированы в виде таблицы, и получены принципиальные решения. Эти решения последовательно варьируются, комбинируются и проверяются, в результате чего получается техническое решение. Подход Хилла многообещающий. Слабыми сторонами являются относительно высокий уровень абстракции, частично нелогичная структура каталога и низкий уровень детализации.

Подход Граманна встроен в типичную процедуру разработки системной инженерии, где шаг «анализ – синтез» подробно описан в отношении бионики [8]. Она начинается с чередования идентификации биологических архетипов и поиска информации. Затем анализируется архетип, оценивается возможность его переноса в технические решения и выводятся принципы решения. В итоге принципы управления применяются к технической системе. Все шаги должны быть пройдены итеративно. Поиск информации является основным потребителем времени. Граманн предлагает список ассоциаций для перевода технических функций в биологические функции (рис. 3).

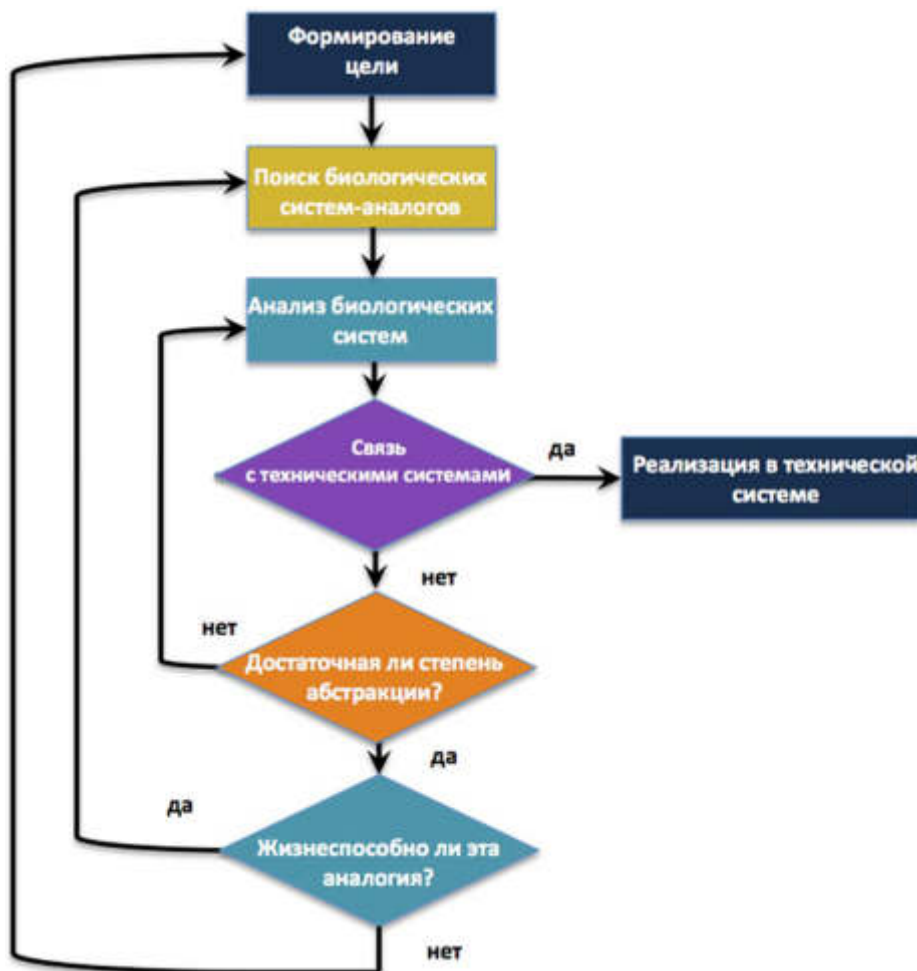


Рис. 3. Бионическая процедурная модель Граманна

Предполагается, что найденные таким образом биологические функции позволят проводить более целенаправленный поиск в биологической области. К сожалению, список ассоциаций представляется довольно неструктурированным и неполным, в связи с чем он неприменим к различным проблемам.

БиоТРИЗ – это методология, разработанная Винсентом в Университете Бата (Великобритания), в которой знание биологии сочетается с техникой ТРИЗ (теорией решения изобретательских задач) [9].

ТРИЗ хорошо известна своим успехом в передаче изобретений и решений из одной области техники в другую. ТРИЗ хорошо известен как набор инструментов и методов, разработанных Генрихом Альтшуллером и Рафиком Шапиро, который обеспечивает правильное определение проблемы на функциональном уровне и предоставляет индикаторы для достижения успешных, а иногда и инновационных решений. На этапе определения используется ряд методов, чтобы гарантировать, что проблема находится в правильном контексте, простое переключение контекста может решить проблему, а затем перечислены доступные ресурсы. Проблема характеризуется парой противоположных или противоречивых характеристик, как правило, «что я хочу» и «что мешает мне получить ее», это можно сравнить с парами характеристик, вытекающих из других проблем, уже решенных, обнаруженных в ходе исследования и анализа более трех миллионов патентов. Таким образом, ТРИЗ становится подходящим средством для идентификации функций и передачи их от природы к технике.

ТРИЗ развилась и основана на матрице 40×40 в виде таблицы с двойной записью, в которой 40 изобретательских принципов являются элементами, которые приближают аналогию. В БиоТРИЗ эта матрица была упрощена, чтобы иметь возможность изолировать поля, влияющие на биологию, эти поля являются информацией, энергией, временем, пространством, структурой и веществом или материалом.

В БиоТРИЗ решения основаны на аналогиях, подобных тем, которые встречаются в природе, в базе данных естественных патентов. Без базы данных результатов и решений природы ее невозможно применить, так как она сама по себе не позволила бы получить технические принципы и результаты. Этот факт противоречив, поскольку он обуславливает поиски, которые уже имеют результаты и просты в применении, в противном случае вам нужны бионические исследования, как и в других методологиях.

Хелмс описывает проблемно ориентированную биологически вдохновленную модель процесса проектирования как нелинейную и динамическую последовательность из шести этапов, включая итерационные этапы, а также циклы обратной связи и уточнения [10].

Нагель реализует подход к созданию концепции для биологически вдохновленных решений, который использует шесть этапов [11]. Эти шаги начинаются с функциональной модели желаемой инженерной системы для изучения биологических решений для вдохновения и заканчиваются концептуальным или детальным дизайном. Это описание тесно связано с разработкой конкретного инструмента, разработанного или используемого его авторами. То же справедливо и для процесса, основанного на проблемах, представленного в работах Чакрабартти [12] и Шу [13].

Чонг и др. в работе [14] описывают модель процесса, основанную на обработке естественного языка. Модель начинается с определения исходного функционального ключевого слова для описания проблемы и заканчивается идентификацией биологически значимых ключевых слов.

Баумейстер и др. в работе [15] используют свою методологию спирали проектирования для решения практической задачи биологии. В циклическом восьмиступенчатом процессе этот подход к бионическому мышлению используется для воспроизведения принципов дизайна, вдохновленных биологией. Гоэль и Ваттам в работе [16] создали общую модель задач аналогичного проектирования и сопоставили ее с подходами биомиметики, основанными на решениях и задачах.

На рисунке 4 представлена модель процесса бионического проектирования, ориентированная на решение проблемы и состоящая из восьми этапов. Схема модели процесса разделена на две фазы, выполненные в виде двойного симметричного цикла. На первом этапе (шаги 1–4) основное внимание уделяется переходу от технологии к биологии, в то время как на втором этапе (шаги 5–8) рассматривается обратный путь от биологии к технологии. Требуемый вклад биологов или инженеров обозначен светлыми стрелками (биология) и темными (техника).

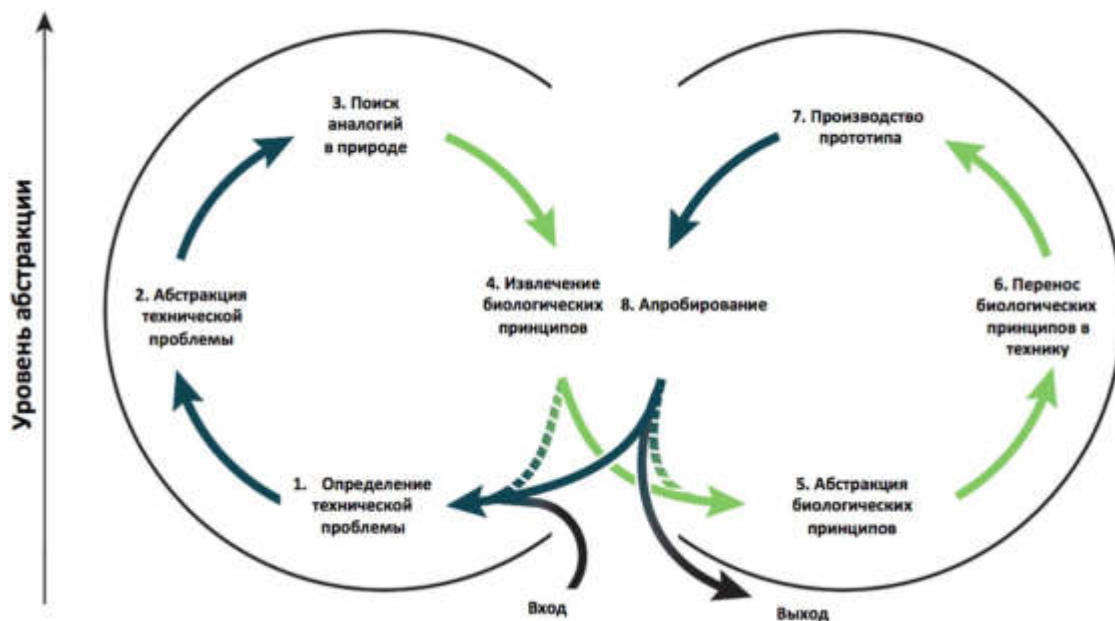


Рис. 4. Единый проблемно ориентированный процесс бионического проектирования

Механизм, лежащий в основе бионического проектирования, заключается в повышении уровня абстракции для достижения концептуального представления. Чем выше уровень абстракции, тем меньше представление связано с конкретным воплощением, тем более общим оно является и тем легче провести аналогию.

Начальной точкой входа в модель бионического проектирования является анализ проблемы (шаг 1).

Шаг 1 – определение технической проблемы.

Первые шаги заключаются в анализе технической проблемы и четком определении основных требований, которым должно соответствовать конечное техническое решение.

Начиная с определения технической проблемы, собирается информация о предмете исследования, что приводит к переформулированию проблемы.

Шаг 2 – абстракция технической проблемы.

Абстракция технической проблемы приводит к функциональной модели и устанавливает ограничения проблемы. После этого становится ясно, какая функция должна быть достигнута. С помощью этой абстракции и предусмотренной функции проблема и ее окружение могут быть перенесены в биологию.

Шаг 3 – поиск аналогий в природе.

Процедура начинается с поиска биологического организма или системы, которым присущи функции для решения искомой проблемы.

Поиск аналогий в природе включает в себя несколько ресурсов:

- 1) биологи / ученые – сотрудничество инженеров и биологов помогает лучше определить архетипы и выполняемые ими физические процессы;
- 2) научные статьи – содержат дополнительную информацию о конкретных принципах и их функциональном приложении в конкретных организмах или системах;
- 3) книги – как и научные статьи, содержат весьма ценную информацию по физиологии животных;
- 4) online базы данных (например AskNature.org) – для лучшего результата поиска предлагается использовать релевантные ключевые слова.

Важным шагом является поиск близких архетипов. Можно воспользоваться тремя типами сходств Зоглауэра:

– при формальном сходстве применяются одни и те же правила и физические законы, например, применимы законы геометрической оптики;

– функциональное сходство описывает аналогичную функцию или принцип конструкции, например, крыло птицы демонстрирует аналогичное аэродинамическое поведение в качестве профиля;

– структурное сходство может быть найдено между системами с сопоставимой структурной конструкцией, например, моделью атома Бора и солнечной системой.

Шаг 4 – извлечение биологических принципов (поиск концепции).

После того как определены аналогии, необходимо приступить к анализу принципов, которые реализованы в биологическом архетипе, для решения идентичных проблем.

Биологические принципы должны быть поняты правильно, а затем абстрагированы (Шаг 5). Решение проблемы возможно и за счет сочетания нескольких принципов.

Шаг 5 – абстракция биологических принципов.

Абстракция биологических принципов или биологической концепции имеет решающее значение, поскольку точное соответствие биологии и технологии обычно, как отмечено ранее, неосуществимо. В целом, абстракция приведет к функциональной модели биологической системы, извлекающей принципы, независимые от живой системы, которые могут быть воспроизведены в технологии.

Шаг 6 – перенос биологических принципов в технику.

Этап предусматривает проведение глубоких теоретических и экспериментальных исследований для правильной адаптации биологических принципов к техническим системам с учетом особенностей их эксплуатации.

Шаг 7 – производство прототипа.

Под прототипированием (англ. *prototyping* от др.-греч. *протос* – первый и *τύπος* – отпечаток, оттиск; первообраз) здесь будем понимать быструю «черновую» реализацию базовой функциональности будущего рабочего органа для анализа его функциональности. На этапе прототипирования с малыми усилиями создаются рабочие модели (макеты) биоинспирированных проектируемых рабочих органов.

Прототип делает абстрактные идеи конкретными.

Шаг 8 – апробация.

Тестированием и последующим применением в технике заканчивается переход от биологии к технологии. Если результат недостаточен, цикл проектирования можно начать заново либо выполнить итерацию со второй фазы, выбрав интересующий биологический принцип.

Заключение

Предложенная в работе модель процесса бионического проектирования предлагает междисциплинарным научным коллективам алгоритм действий и инструментарий для передачи и адаптации идей из области биологии в земледельческую механику для решения конкретных технических проблем. Данная методология рассматривает биологов как весьма важную часть проектных групп, а их вклад в решение технической проблемы при биоинспирированном проектировании равновеликим.

Такое междисциплинарное взаимодействие, по словам М.Е. Мацепуро, позволит расширять и углублять научные исследования, развивать науку о сельскохозяйственных машинах и специальные дисциплины (в данном случае такое новое и перспективное направление, как бионика) [17].

Список использованных источников

1. Steven, V. *Comparative biomechanics, life's physical world*. Princeton University Press. – 2010. – 640 p.
2. Nachtigall, W. *Vorbild Natur: Bionik-Design für funktionelles Gestalten*, 1997 (Springer, Berlin). – 176 s.
3. Speck, T. *Die naturals innovationsquelle*. In *Technische Textilien* / Speck, T., Harder, D., Milwich, M., Speck, O., and Stegmaier, T. //, 2006, pp. 83–101 (Deutscher Fachverlag, Frankfurt, Germany).
4. Milwich, M. *Biomimetics and technical textiles: solving engineering problems with the help of nature's wisdom* / Milwich, M., Speck, T., Speck, O., Stegmaier, T., and Planck, H. // *Am. J. Botany*, 2006, 93(10), 1455–1465.

5. Barthlott, W. and Neinhuis, C. The purity of sacred lotus or escape from contamination in biological surfaces. *Planta*, 1997, 202, 1–8.
6. Zerbst, E. *Bionik: Biologische Funktionsprinzipien und ihre Anwendung*. Teubner, Stuttgart, 1987. – 231 s.
7. Hill, B. *Naturorientierte Lösungsfindung: Entwickeln und Konstruieren nach biologischen Vorbildern*. Expert-Verlag, Renningen-Malmsheim, 1999. – s. 313–332.
8. Lindemann, U. Engineering design using biological principles / U. Lindemann & J. Gramann, // In: Proc. of the 8th International Design Conference DESIGN 2004, Dubrovnik, Croatia, 2004, 355-360 pp.
9. Vincent, J., et al. *Biomimetics: Strategies for Product Design Inspired by Nature – A Mission to the Netherlands and Germany*. Report of A DTI Global Watch Mission, Pera, 2007.
10. Helms, M. Biologically inspired design: process and products / Helms M, Vattam S. S. and Goel A. K. // *Design Studies*, Vol. 30, (2009), pp. 606–622.
11. Nagel, J.K. Functionbased, biologically inspired concept generation / Nagel J.K., Nagel R.L., Stone R.B. and McAdams D.A. // *Artificial Intelligence for Engineering Design Analysis and Manufacturing*. Vol. 24(04). 2010. – pp. 521–535.
12. Chakrabarti, A. A functional representation for aiding biomimetic and artificial inspiration of new ideas / Chakrabarti A, Sarkar P, Leelavathamma B. and Nataraju B. // *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing (AI EDAM)*. – Volume 19, Issue 2. – 2005, pp. 113–132.
13. Shu, L. 2010 A naturallanguage approach to biomimetic design / L. Shu // *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*. 2010, – Volume 24, pp. 507–519.
14. Cheong, H. Biologically meaningful keywords for functional terms of the functional basis / Cheong H, Chiu I, Shu L, Stone R. and McAdams D. // *J. Mech. Des.* 2011, Vol. 133. – p. 021007.
15. Baumeister, D. *Biomimicry resource handbook: a seed bank of best practices* / Baumeister, D. Tocke R, Dwyer J. and Ritter S. // *Biomimicry* 3.
16. Goel, A.K. Information- processing theories of biologically inspired design / Goel A. K., Vattam S., Wiltgen B. and Helms M. // *Biologically Inspired Design* (Berlin: Springer). 2014. – pp. 127–152.
17. Мацепуро, М.Е. О содержании научных исследований и применении математических методов в сельскохозяйственной механике / М.Е. Мацепуро. *Вопросы сельскохозяйственной механики*. 1963. – С. 165–177.

М.И. Курилович, В.В. Голдыбан

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

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМАМ ОТДЕЛЕНИЯ НЕКОНДИЦИОННЫХ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ

Аннотация. Сформулированы основные требования, предъявляемые к системам технического зрения и автоматической инспекции для отделения некондиционных клубней картофеля.

Ключевые слова: клубень картофеля, дефект, автоматическая сортировка, техническое зрение.

M.I. Kurylovich, V.V. Goldyban

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

BASIC REQUIREMENTS FOR SEPARATING SYSTEMS OF UNCONDITIONAL POTATO TUBERS

Abstract. The main requirements for technical vision and automatic inspection systems for separating substandard potato tubers are formulated.

Keywords: potato tuber, defect, automatic sorting, technical vision.

Введение

Картофель является важной частью продовольственного обеспечения в большинстве стран мира, и максимальным фактором его рыночной цены является внешний вид. В настоящее время отечественной промышленностью сортировка некондиционных клубней картофеля для последующей товарной реализации выполняется на переборочных столах и машинах, где распознавание некондиционного клубня картофеля происходит визуально, а удаление его вручную. Ручная сортировка всегда характеризуется субъективностью, утомляемостью и высокой стоимостью работников.

Использование автоматических сортировальных машин для идентификации и отделения некондиционных клубней картофеля из общего вороха позволит улучшить результаты проверки, повысить производительность и качество получаемого продукта.

Основная часть

Для производительной и точной сортировки картофеля создаются нетрудоемкие современные методы, такие как машинное зрение. Основой этого метода является фото- / видеосъемка образцов, анализ изображений, сравнение их со стандартом и принятие решения об отделении некондиционных образцов из общего потока. С этой целью необходимо создать базу данных некондиционных клубней картофеля.

Сортирующие устройства в зависимости от их места в технологическом процессе послеуборочной доработки картофеля выполняют одновременно несколько функций: приёмку картофельного вороха, удаление некондиционных клубней картофеля, транспортировку отсортированной продукции и её подачу на следующие этапы: упаковку и транспортировку.

Очевидно, что качественные показатели рабочего процесса, осуществляемого сортировочным устройством, будут зависеть от предыдущего и последующего рабочих органов, причём для эффективной работы необходимо, чтобы производительность всех трёх устройств была согласована определённым образом:

$$W_{\text{п}} \leq W_{\text{с}} \leq W_{\text{з}},$$

где $W_{\text{с}}$ – производительность сортировочной машины картофеля, т/ч; $W_{\text{п}}$ – производительность предыдущего устройства, т/ч; $W_{\text{з}}$ – производительность последующего устройства, т/ч.

При выборе типа рабочего органа сортировки необходимо учитывать повреждаемость клубней картофеля. В процессе сортирования возможны механические повреждения, однако их общее количество не должно быть более 1 %.

Допустимая высота падения клубней на металл – 20 см, на дерево – 30 см, на рыхлую почву – 100 см, на клубни – 30 см.

Для удовлетворения требованиям к качеству получаемой продукции клубни картофеля должны просматриваться со всех сторон, что позволит достоверно определить некондиционный клубень картофеля и в последующем удалить его.

Картофель заготавливаемый и поставляемый должен соответствовать определенным требованиям ГОСТ 7176-2017, ГОСТ 26832-86, согласно которым по качеству клубни должны быть целые, чистые, свежие, здоровые, покрытые кожурой, типичной для ботанического сорта формы и окраски, не проросшие, не увядшие, без повреждений сельскохозяйственными вредителями, без излишней внешней влажности, не позеленевшие, без коричневых пятен, вызванных воздействием тепла [1].

Сортировочная машина должна отделять в качестве некондиционных следующие типы клубней картофеля:

1. с пятнами бледно-зеленого цвета общей площадью более 2 см², которые могут быть удалены при обычной очистке;
2. с механическими повреждениями (порезы, вырывы, трещины, вмятины) глубиной более 4 мм и длиной более 10 мм;
3. пораженные паршой, ооспорозом на площади более 1/4 поверхности клубня, в том числе при наличии пятен глубокой обыкновенной картофельной парши и порошистой парши глубиной более 2 мм;
4. пораженные проволочком (при наличии более одного хода);
5. раздавленные, половинки и части клубней;
6. с израстаниями и наростами;
7. с ростками, превышающими 3 мм;
8. пораженные мокрой, сухой, кольцевидной, пуговичной гнилями и фитофторой;
9. подмороженные, запаренные, с признаками «удушья»;
10. повреждённые сельскохозяйственными вредителями, в том числе грызунами.

Содержание радионуклидов, токсичных элементов, пестицидов и нитратов в клубнях картофеля не должно превышать допустимые уровни.

Воздействие рабочих органов сортировки на обрабатываемую массу не должно вызывать значительного их износа и поломок, чтобы машина могла работать в течение сезона без капитального ремонта.

На основе изложенных требований для сортировки продовольственного картофеля РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработан и изготовлен макетный образец [3] для автоматической инспекции клубней картофеля, внешний вид которого представлен на рисунке.

Макетный образец состоит из рамы, вальцово-подающего конвейера, механизмов привода, системы распознавания, состоящей из видеокамеры и персонального компьютера, и пневматической системы отделения.



Макетный образец автоматической сортировальной машины

Заключение

Сформулированы основные требования, предъявляемые к системам технического зрения и автоматической инспекции, которые позволяют отнести клубень картофеля к некондиционным согласно требованиям ГОСТ 7176-2017, ГОСТ 26832-86. Представлен внешний вид автоматической сортировальной машины, при изготовлении которой учтены эти требования.

Список использованных источников

1. Картофель свежий для переработки на продукты питания. Технические условия : ГОСТ 26832-86-2010. – Введ. 06.01.1987. – М. : Стандартиформ, 2010. – 5 с.
2. Голдыбан, В.В. Результаты разработки макетного образца автоматической сортировальной машины / В.В. Голдыбан, Г.А. Прокопович, М.И. Курилович, Л.А. Ходасевич // Механизация и электрификация сельского хозяйства : межведомственный тематический сборник / Национальная академия наук Беларуси, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства. – Минск, 2020. – Вып. 54. – С 118–125.

А.А. Жешко¹, А.В. Ленский¹, В.Н. Перевозников²

¹ РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

e-mail: azeshko@gmail.com

² ОАО «Управляющая компания холдинга «Бобруйскагромаш»

г. Бобруйск, Республика Беларусь

РЕЗУЛЬТАТЫ РЕАЛИЗАЦИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОМПЛЕКТОВАНИЯ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ ДЛЯ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Аннотация. Рассмотрены основные результаты реализации автоматизированной системы для комплектования машинно-тракторных агрегатов для основной обработки почвы.

Ключевые слова: комплектование машинно-тракторных агрегатов, приложение, автоматизированная система, интерфейс.

A. A. Zheshko¹, A.V. Lenski¹, V.N. Perevoznikov²

¹ RUE "SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization"

Minsk, Republic of Belarus

e-mail: azeshko@gmail.com

² JSC "Management Company of the holding "Bobruiskagromash"

Bobruisk, Republic of Belarus

THE RESULTS OF THE IMPLEMENTATION OF AN AUTOMATED SYSTEM FOR THE ACQUISITION OF MACHINE-TRACTOR UNITS FOR THE MAIN TILLAGE

Abstract. The main results of the implementation of an automated system for the acquisition of machine-tractor units for the main tillage are considered.

Keywords: acquisition of machine-tractor units, application, automated system, interface.

Введение

Эффективность использования сельскохозяйственных машин для основной обработки почвы во многом зависит от рационального их комплектования энергетическими средствами, которое, в свою очередь, не может быть реализовано без достоверных данных о тяговом сопротивлении рабочих органов сельскохозяйственных машин, поскольку именно тяговое сопротивление является одной из отправных точек при выполнении тягового расчета [1].

На величину тягового сопротивления рабочих органов влияет значительное количество факторов, таких как тип почвы, ее влажность и гранулометрический состав, глубина обработки, скорость движения агрегата, засорённость участка камнями, вид предшествующей механической обработки и многие другие параметры. В связи с этим с целью прогнозирования тягового сопротивления почвообрабатывающих рабочих органов в случае их использования в конкретных почвенных условиях при влиянии определённых факторов целесообразно рассмотреть методы моделирования процессов взаимодействия рабочих органов с почвой с целью определения их тягового сопротивления для частных случаев.

Разработанное приложение AgroAQ позволяет реализовать автоматизированное комплектование машинно-тракторных агрегатов для основной обработки почвы с учетом основных значимых факторов.

Основная часть

Приложение AgroAQ реализовано для платформы Android 6+ и имеет интуитивно понятный интерфейс для работы с основными и вспомогательными модулями [2]. Реализация приложения представлена в виде скриншотов эмулятора смартфона на рисунках 1–3.

В верхней части каждого из экранов располагается меню перехода к соответствующим окнам:

- исходные данные;
- каталог рабочих органов, каталог сельскохозяйственных машин;
- каталог тракторов;
- справочная информация.

В нижней части приложения располагается навигационное меню для перехода к расчетам, поиску техники в сети, к окну информации о приложении.

Исходными данными являются:

- техническая характеристика энергетического средства;
- техническая характеристика сельскохозяйственной машины для основной обработки почвы;
- данные о конкретных производственных условиях, в которых предполагается эксплуатировать скомплектованный агрегат.

На основном фрагменте экрана, загружаемом по умолчанию при запуске приложения AgroAQ, располагается меню выбора исходных данных – вида и марки машины, марки трактора и типа почвы (рис. 1). Информация о конкретных производственных условиях, таких как тип почвы и агротехнический фон, а также другие расчетные параметры хранятся в базах данных системы. Для учета таких параметров в процессе выполнения расчета достаточно выбрать из выпадающего списка «Тип почвы» соответствующее значение.

В нижней части меню располагается кнопка перехода к каталогу рабочих органов (рис. 2). Окно каталога рабочих органов состоит из поля ввода поисковых запросов, кнопок выбора рабочих органов и других элементов. Для быстрого поиска рабочих органов необходимо ввести



Рис. 1. Эмулятор смартфона с загруженным приложением AgroAQ (исходные данные)

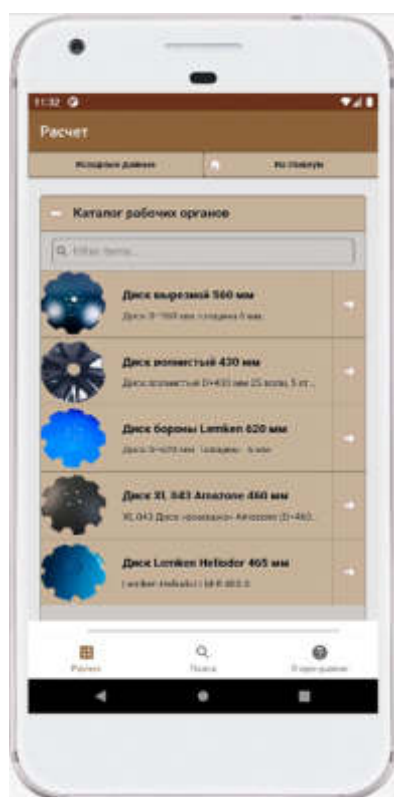


Рис. 2. Эмулятор смартфона с загруженным приложением AgroAQ (каталог рабочих органов)



Рис. 3. Эмулятор смартфона с загруженным приложением AgroAQ (каталог сельскохозяйственных машин)

в поле ввода текст, который характеризует искомый рабочий орган. Для последовательного просмотра содержимого каталога рабочих органов необходимо очистить поле ввода поисковых запросов и перейти на соответствующую страницу каталога нажатием на кнопку с номером страницы.

Электронный каталог машин (рис. 3) предназначен для поиска информации о технике для основной обработки почвы, внесенной в каталог. При выборе элемента в списке открывается окно с дополнительной информацией о выделенной машине.

Поиск необходимой информации в каталоге может осуществляться по различным критериям, например, можно вводить марку, тип, ширину захвата, мощность и другие параметры, при этом поиск будет осуществляться для любого из указанных значений автоматически.

Для получения дополнительной информации о найденном в базе данных элементе необходимо выделить его из общего списка, после чего появится всплывающее окно с дополнительной информацией о выбранном элементе.

В случае если сведения об искомой технике отсутствуют в базе данных, но пользователь располагает информацией о технической характеристике машины, необходимо подать заявку администратору сайта agronaut.by на добавление необходимой техники в базу данных.

Окно с потенциальной характеристикой содержит график, который отражает основные результаты вычислений рациональности комплектования машинно-тракторного агрегата (рис. 4).

Результатом расчета будут являться графическая интерпретация потенциальной характеристики (рис. 4) и краткая рекомендация по целесообразности комплектования выбранных агрегатов.

В соответствии с рис. 4, в верхней части окна графической интерпретации потенциальной характеристики построена кривая зависимости крюковой мощности трактора 2 от крюкового усилия, в средней части – кривая зависимости удельного расхода топлива трактора 4, в нижней части – кривая зависимости теоретической скорости движения трактора 6, также в нижней части располагается кривая тягового сопротивления комплектуемой машины. Зона агротехнически допустимых скоростей ограничена минимальным и максимальным значениями скоростей $V_{agr.min}$ и $V_{agr.max}$. Зона рациональной загрузки трактора находится в диапазоне $(0,6...0,95)N_{кр}$ и ограничена вертикальными пунктирными линиями.

Кривая тягового сопротивления комплектуемой машины ограничена по оси ординат пунктирными прямыми, которые соответствуют значениям максимальной и минимальной агротехнически допустимой скорости 7, проекции точек пересечения ограничивающих линий с кривой тягового сопротивления соответствуют минимальному R_{min} и максимальному R_{max} значениям тягового сопротивления агрегата.

Таким образом, если кривая тягового сопротивления 10 лежит внутри ограничивающих по мощности вертикальных пунктирных линий, как показано на рис. 4, то агрегат ра-

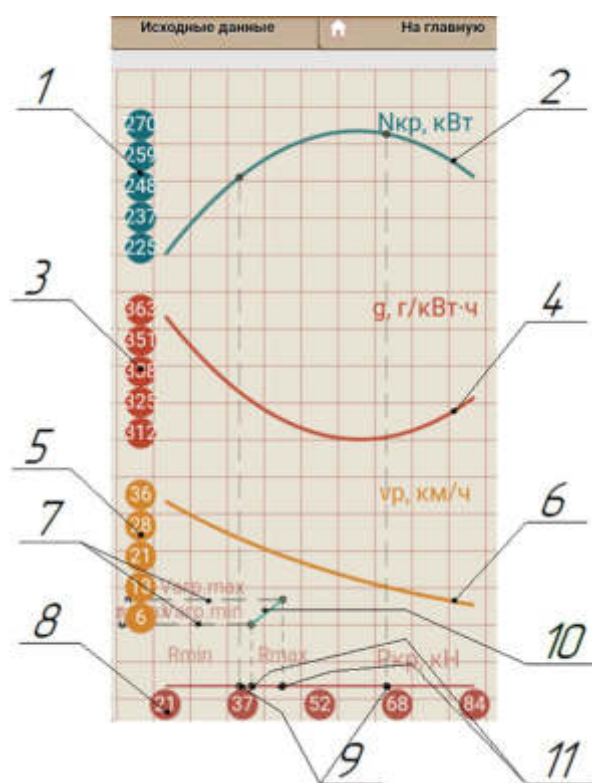


Рис. 4. Потенциальная характеристика и результаты тягового расчета в приложении AgroAQ: 1, 2 – шкала оси и кривая крюковой мощности трактора; 3, 4 – шкала оси и кривая удельного расхода топлива трактора; 5, 6 – шкала оси и кривая скорости движения трактора; 7 – ограничения агротехнически допустимой скорости; 8 – шкала крюкового усилия, 9 – зона рациональной загрузки трактора, 10 – кривая тягового сопротивления; 11 – проекции точек кривой тягового сопротивления

ционально скомплектован для агрегатирования с выбранным энергетическим средством. Если кривая тягового сопротивления выходит слева за указанный диапазон – для агрегатирования нужно выбрать менее мощный трактор, если правее – тягового усилия трактора будет недостаточно для агрегатирования с выбранной машиной для указанных производственных условий и необходимо выбрать более мощный трактор. Под графиком потенциальной характеристики располагаются информационные блоки с краткими рекомендациями по тяговому расчету и с основными результатами тягового расчета.

С целью подтверждения достоверности полученных результатов проведены соответствующие расчеты с использованием приложения AgroAQ. Машины для основной обработки почвы, которые использовались для подтверждения работоспособности системы, подбирались исходя из имеющихся в распоряжении протоколов на машинно-испытательных станциях.

Выполненные расчеты подтвердили корректность работы автоматизированной системы для рационального комплектования машинно-тракторных агрегатов.

Заключение

1. Разработанное приложение позволяет осуществлять рациональное комплектование машинно-тракторных агрегатов для основной обработки почвы, обладает простым и интуитивно понятным интерфейсом, а также дополнительными модулями для поиска исходной информации.

2. Согласно расчетам отклонение между значениями часового расхода топлива при испытании сельскохозяйственной техники со значениями, полученными расчетным путем, составляют менее 10 %, что подтверждает корректность работы автоматизированной системы для рационального комплектования машинно-тракторных агрегатов.

Список использованных источников

1. Ленский, А.В. Методы определения тягового сопротивления сельскохозяйственных машин / А.В. Ленский, А.А. Жешко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / Национальная академия наук Беларуси, РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2022. – Вып. 55. – С. 188–198.
2. Гаст, Х. Объектно-ориентированное проектирование: концепции и программный код / Х. Гаст. – М. : Диалектика, 2018. – С. 1040.

В.И. Передня¹, д.т.н., профессор, **А.А. Романович²**, к.т.н., доцент

¹ РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь

² УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь
E-mail: nastia.01.02.1986@gmail.com

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КАВИТАЦИИ ПРИ ПРИГОТОВЛЕНИИ ЗАМЕНИТЕЛЕЙ ЦЕЛЬНОГО МОЛОКА ИЗ ЗЕРНОВЫХ КОМПОНЕНТОВ ДЛЯ КОРМЛЕНИЯ ТЕЛЯТ МОЛОЧНОГО ПЕРИОДА

Аннотация. В статье приведены исследования процесса кавитации при приготовлении заменителей цельного молока из зерновых компонентов для кормления телят молочного периода. Обоснован выбор рабочих органов гидродиспергатора для реализации кавитационного воздействия при измельчении зерновых кормов, приведены теоретические исследования его рабочих органов.

Ключевые слова: зерно, гидродиспергатор, измельчение, решето, кавитация, гидроудар.

V.I. Perednia¹, Doctor of Technical Sciences, Professor, **A.A. Romanovich²**, Ph.D., Associate Professor

¹SPC "NAS of Belarus for Agriculture Mechanization"
Minsk, Republic of Belarus

²EE "Belarusian State Agrarian Technical University"
Minsk, Republic of Belarus
E-mail: nastia.01.02.1986@gmail.com

INVESTIGATION OF THE CAVITATION PROCESS IN THE PREPARATION OF WHOLE MILK SUBSTITUTES FROM GRAIN COMPONENTS FOR FEEDING THE CALVES OF THE MILKING PERIOD

Abstract. The article presents studies of the cavitation process in the preparation of whole milk substitutes from grain components for feeding calves of the dairy period. The choice of the working bodies of the hydrodisperser for the implementation of cavitation effects during the grinding of grain feed is substantiated, theoretical studies of its working bodies are given.

Keywords: grain, hydrodisperser, grinding, sieve, cavitation, hydraulic shock.

Введение

Республика Беларусь находится в лидирующей группе стран по экспорту молока и молочных продуктов. Как показывают мировой опыт и экономические расчеты, чтобы сохранить занимаемые позиции, необходимо в первую очередь иметь высокопродуктивное поголовье.

Согласно зоотехническим исследованиям, потенциал молочной продуктивности крупного рогатого скота закладывается на этапе выращивания телят и более чем на 60 % зависит от условий выращивания и особенно кормления. Поэтому выращиваемым телятам молочного периода необходимо создавать хорошие условия содержания и необходимое их возрасту кормление, что обеспечило бы усиленное их развитие.

Основная часть

По данным голландских исследователей, существует непосредственная зависимость между привесами телят и будущими надоями взрослого животного (табл. 1).

Молочный период у телят характеризуется одновременно интенсивным ростом органов и тканей и способностью давать высокие приросты. Интенсивность обмена веществ в этот пе-

Таблица 1. Соответствие надоев привесам

Привес, г/сут.	Надои молока, л/сут.
600	20,0
700	21,5
800	23,0
900	21,5

риод и связанная с ним интенсивность роста телят пропорционально коррелирует с уровнем будущей молочной продуктивности выращиваемых из них коров и зависит от схем кормления молодняка. Поэтому выращиваемому молодняку КРС необходимо создавать хорошие условия содержания и кормления, которые обеспечат нормальный рост и развитие.

У новорожденного теленка сначала функционирует только сычуг, рубец еще не развит, и поэтому основными являются жидкие корма – молозиво, а затем цельное молоко или его заменители.

В период молозивного и раннего молочного питания у телят преобладает тип кишечного пищеварения, резко отличающийся от пищеварения взрослого животного. Поэтому теленок может усваивать исключительно жидкую молочную пищу [1]. Основным кормом телят молочного периода на животноводческих предприятиях Беларуси является цельное молоко. В настоящее время на выпойку одного теленка расходуют 250–400 литров цельного молока, что составляет около 12–16 % его валового производства. В развитых странах скормливают не более 6–8 %, заменяя остальное количество заменителем цельного молока (ЗЦМ).

Таблица 2. Состав заменителей цельного молока

Компоненты и показатели питательности	Заменители цельного молока		
	«Кальволак»	ЗЦМ-1	ЗЦМ-2
Сухое обезжиренное молоко, %	–	28	23
Сухая подсырная сыворотка, %	70	–	–
Пшеница, %	–	19	16
Тритикале, %	–	–	8
Овес шелушенный, %	–	6	6
Рапс, %	–	25	25
Люпин, %	–	15	15
Льносемя, %	–	5	5
Соевый белок, %	12	–	–
Растительное масло, %	15	–	–
Монокальцийфосфат, %	–	0,7	0,7
Соль поваренная, %	–	0,3	0,3
Премикс ароматизатор, %	3	–	–
Премикс ПКР-1, %	–	1	–
Премикс ПКР-2, %	–	–	1
Итого, %:	100	100	100
Стоимость 1 кг, \$	1,41	0,86	0,74
В 1 кг содержится:			
сухое вещество, г	911,4	907,1	902,6
органическое вещество, г	861,4	861,9	860,2
кормовые единицы, кг	1,48	1,43	1,41
обменная энергия, МДж	14,9	14,4	14,4
сырой протеин, г	214,9	209	198,1
сырой жир, г	120,2	133,5	134,3
сырая клетчатка, г	5,1	16,1	17,1
безазотистые экстрактивные вещества, г	521,2	473,3	480,7

Основой почти всех выпускаемых заменителей цельного молока являются сухое обезжиренное молоко или побочные продукты молочного производства, обогащенные различными добавками с целью увеличения его питательности. Однако это приводит к перерасходу молочного белка, сократить расход которого на кормовые цели можно за счет производства заменителей цельного молока из растительного сырья. В связи с этим РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству» были разработаны рецепты заменителей цельного молока с использованием местных зерновых культур.

Первые пробные порции ЗЦМ из зерновых компонентов были получены на кавитационной установке типа «ТЕКМАШ» сотрудниками РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству» совместно с сотрудниками РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». Как показали результаты испытаний на данной установке, технология приготовления пастообразной смеси достаточно сложная, так как необходимо было предварительно намачивать зерновые компоненты в течение 12 ч, а затем загружать в установку, которая измельчала и одновременно нагревала полученную массу.

Состав ЗЦМ, приготовленных на экспериментальной установке по разработанным рецептам с использованием местных зерновых культур, в сравнении с голландским ЗЦМ «Кальволак» приведен в табл. 2.

Из данных табл. 2 видно, что по кормовым единицам, обменной энергии и ряду других основных составляющих ЗЦМ, полученный из

зерновых компонентов, и голландский ЗЦМ «Кальволак» практически одинаковы, а по стоимости ЗЦМ, разработанный РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству», меньше. Так, заменители ЗЦМ-1 и ЗЦМ-2 содержат соответственно 1,43 и 1,41 к. ед., обменной энергии – 14,4 МДж, а «Кальволак» – 1,48 к. ед., обменной энергии – 14,9 МДж. Основу этих заменителей составляют зерновые корма, выращиваемые во всех хозяйствах республики [2].

Однако технология приготовления пастообразной смеси для ЗЦМ-1 и ЗЦМ-2 достаточно сложная, так как необходимо было предварительно намачивать зерновые компоненты. Поэтому возникает необходимость в усовершенствовании способа приготовления ЗЦМ из зерновых культур, для чего необходимо провести анализ способов повышения усвояемости зернофуража.

В мировой практике известны методы и технологии обработки зернового сырья с целью повышения его переваримости и усвояемости.

Представляет интерес гидротермическая механизированная обработка зерна, которая осуществляется с помощью различных установок, в которых обработка зерна осуществляется за счет гидродинамических процессов в водной среде без доступа кислорода в специально спроектированных насадках. Под действием энергии гидравлических ударов и ударных волн от схлопнувших кавитационных пузырьков осуществляется разрушение зерна и нагрев жидкозерновой массы.

Влаготепловая обработка позволяет осуществить также обеззараживание зернового сырья и инактивацию антипитательных факторов (ингибиторов трипсина, глюкозидов, микотоксинов и т. п.) и преобразование питательных веществ в легкоусвояемые формы [3].

Преимущество такой обработки заключается в том, что на специальной гидродинамической установке можно получить однородную мелкодисперсную пастообразную смесь для кормления животных, которую можно использовать в качестве основы ЗЦМ.

Однако, как показали результаты испытаний, технология приготовления достаточно сложная, так как возникает необходимость предварительного увлажнения зерна. Кроме того, необходимо наличие горячей воды. А оборудование для его осуществления обладает относительно низкой производительностью из-за длительной обработки, что увеличивает затраты энергии на выполнение технологического процесса и снижает усвояемость кормов.

Таким образом, главной задачей совершенствования технологического процесса производства ЗЦМ является уменьшение удельной энергоемкости процесса приготовления зерновой пасты для ЗЦМ в гидродиспергаторе.

В процессе обработки зернового материала в гидродиспергаторе обрабатываемая среда подвергается механическому и гидродинамическому (кавитационному) воздействиям. При гидродинамической обработке зерна одновременно происходят три процесса: измельчение, смешивание и нагрев, что объясняется наличием кавитации.

В зависимости от степени развития процесса различают начальную стадию кавитации, развившуюся кавитацию и суперкавитацию. Кавитационные разрушения, их интенсивность зависят от формы и стадии кавитации, очертаний обтекаемого тела, содержания в воде воздуха, скорости потока, вида материала кавитируемого тела. В стадии развившейся кавитации возникают максимальные кавитационные разрушения. В начальной же стадии и в стадии суперкавитации разрушения существенно меньше или вообще могут отсутствовать, особенно при непродолжительных кавитационных воздействиях.

Кавитация возникает, так как в потоке жидкости, как правило, содержится некоторое количество газа, мельчайшие пузырьки которого имеют радиус $\sim 10^{-9}$ м и невидимы для невооруженного глаза. Эти пузырьки воздуха – нуклионы (зародыши) – переносятся потоком жидкости и, попадая в область более низкого давления, начинают расти. Через поверхность пузырька происходит диффузия газа: внутрь пузырька или из него в зависимости от концентрации газа в пузырьке и окружающей его жидкости. Это явление называется газовой кавитацией.

При попадании в область повышенного давления кавитационный пузырек не всегда схлопывается: он может лишь уменьшиться в размере вследствие сжимаемости газа. При этом повышается температура газа в пузырьке. При очень больших давлениях возможно свечение газа.

Если пузырек содержит достаточно много газа, то, достигнув минимальных размеров, он начинает снова расти и, таким образом, совершает несколько циклов затухающих колебаний [4].

Если в пузырьке газа мало, то под действием повышенного давления размеры пузырька быстро уменьшаются, а схлопывание пузырька сопровождается звуковым импульсом и гидравлическими ударами, способными разрушить поверхность обтекаемого тела (кавитационная эрозия).

При развитой кавитации каверна имеет вид прозрачной полости, замыкающейся на теле (частичная кавитация) или оканчивающейся телом (суперкавитация). В районе замыкания каверны образуется струйка, которая, попадая в полость каверны, вызывает разрушения ее хвостовой части и образование за каверной следа, содержащего пузырьки пара и газа.

Описанная выше кавитация называется естественной, так как ее возникновение связано с разрывом жидкости, обусловленным изменением характеристик поля скоростей и давлений.

Если в какую-либо разреженную область жидкости подавать воздух или иной газ, то возникает явление, называемое искусственной кавитацией (вентиляцией). Искусственную вентиляцию можно создавать на телах различных форм. Вследствие образования искусственных каверн (воздушных полостей) изменяются поле давления на теле и гидродинамические силы, действующие на тело [4].

Для создания области разрежения предусматривают конструктивные изменения – выступы или кавитаторы. Вдувание воздуха используют в лабораторных условиях для исследования физических процессов, характеризующих кавитацию, так как для получения естественной кавитации необходимы большие скорости потока жидкости, обтекающей тело, а искусственную кавитацию можно получить при сравнительно малых скоростях потока.

При развитой искусственной кавитации каверна имеет вид прозрачной пленки, которая в хвостовой части либо сворачивается в две вихревые трубки, либо заканчивается обратной струйкой жидкости.

Для получения одного и того же числа кавитации нужно либо увеличить скорость потока, либо увеличить давление путем вдувания газа и увеличением температуры обрабатываемой смеси.

В связи с этим была выдвинута гипотеза о необходимости установки кавитатора, состоящего из двух рабочих органов. Один из них должен увеличивать давление смеси до порогового значения, чтобы образованные ранее пузырьки переросли в пульсирующие каверны и при последующем резком сбросе давления начали захлопываться, создавая кратковременные импульсы давления, способные разрушить частицы зернофуража, находящегося рядом.

Второй рабочий орган должен разделять поток обрабатываемой смеси на множество мелких струй, обогащая при этом смесь кислородом, что, в свою очередь, позволит увеличить количество парогазовых пузырьков.

В результате поисковых исследований в качестве рабочих органов гидродинамической установки, создающих эффект кавитации, были выбраны решетка и конический патрубок (рис. 1). Функция решетки заключается в создании дополнительных течений в сплошном потоке жидкости (усиленно-го турбулентного течения) и частичном механическом разрушении измельчаемых частиц.

Конический патрубок предназначен для увеличения давления жидкости до порогового значения, после которого, попадая в область атмосферного давления (в емкость аппарата), парогазовые пузырьки начинают захлопываться, разрушая при этом зерновые компоненты смеси.

Исходя из вышеизложенного предлагается инновационный способ приготовления пастообразной кормосмеси. Зерно и воду загружают в бункер, при этом смесь зерна и воды подают из нижней части бункера через измельчающе-нагревательный аппарат в верхнюю его часть, перемещая насосом зерно по замкнутому контуру и доводят до пастообразного состояния. Приготовление пастообразной смеси осуществляется за счет кавитационного, гидравлического и механокавитационного воздействия на измельчаемое сырье с одновременным нагревом в электромагнитном поле индуктора [5].

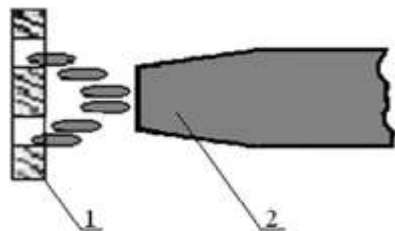


Рис. 1. Схема кавитатора экспериментальной гидродинамической установки: 1 – решетка; 2 – конический (ускоряющий) патрубок

Для осуществления предложенного способа предлагается устройство, включающее бункер с люком для загрузки зерна, измельчающе-нагревательный аппарат, трубопровод для подачи смеси зерна и воды из нижней части бункера через из-

мельчающе-нагревательный аппарат в верхнюю его часть, насос и блок управления, кран для подачи воды, где на кожухе трубопровода установлен цилиндрический индуктор для подогрева смеси в потоке, на выходе которого закреплен конический патрубок, а на расстоянии от него – решетку для механокавитационного воздействия и его интенсификации, а также дополнительного разрушения зерна за счет гидроудара.

Выполнение подогрева продукта в электромагнитном поле индуктора токами Фуко, а не посредством конвекционного способа передачи тепла позволяет увеличить КПД использования электроэнергии и сократить время нагрева.

Подогрев продукта в потоке, при его транспортировании, позволяет ускорить процесс возникновения кавитации и нагрев продукта и тем самым уменьшить энергоемкость технологического процесса.

Установкой решетки на расстоянии от конического патрубка обеспечивается гидроудар и механическое воздействие его фронтальной поверхности на смесь с образованием большого количества парогазовых пузырьков, что приводит к интенсификации кавитационного воздействия, а следовательно, к уменьшению времени обработки.

На рис. 2 изображена схема установки для приготовления пастообразной кормосмеси.

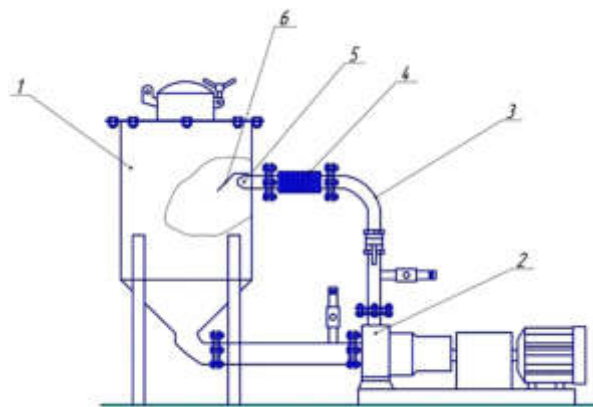


Рис. 2. Схема установки для приготовления пастообразной кормосмеси: 1 – бункер; 2 – насос; 3 – трубопровод; 4 – индуктор; 5 – конический патрубок; 6 – решетка

Заключение

Таким образом, приготовление пастообразной кормосмеси достигается за счет направления кавитационного и индукционного воздействий, а также гидравлического удара на измельчаемое сырье без применения механических измельчающих и смешивающих устройств, что позволяет снизить энергозатраты на осуществление процесса при сохранении питательной ценности компонентов.

Список использованных источников

1. Технология производства продукции животноводства: Учеб. пособие / В.И. Шляхтунов, В.И. Смунов, В.П. Ятусевич и др.; Под ред. В.И. Шляхтунова. – Мн. : Ураджай, 2000. – С. 50.
2. Заменители цельного молока из местных источников питательных веществ / В.М. Голушко [и др.] // Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. / Институт животноводства НАН Беларуси ; редкол.: И.П. Шейко (гл. ред.) [и др.]. – Жодино: РУП «Институт животноводства НАН Беларуси», 2006. – Т. 41. – С. 159–164.
3. Кукта, Г.М. Технология переработки и приготовления кормов / Г.М. Кукта. – М. : Колос, 1978. – 240 с.
4. Рождественский, В.В. Кавитация / В.В. Рождественский. – Л. : Судостроение, 1977. – С. 6–9.
5. Романович, А.А. Способ приготовления пастообразной зерновой кормосмеси и устройство для его осуществления : пат. 22945 Респ. Беларусь МПК А 23 К 10/30 А.А. Романович, В.И. Передня, А.В. Китун; заявитель УО «БГАТУ». – № а 20180251; заявл. 13.06.2018; опубл. 11.02.2020 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2020. – № 2. – С. 65.

Н.Ф. Капустин, к.т.н

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

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ВЫРАБОТКИ БИОГАЗА ИЗ ОТХОДОВ МОЛОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация. Проведены исследования по оценке влияния микроэлементов на интенсивность процесса метанообразования при анаэробной биоферментации отходов молочного производства. Установлено, что добавка в ферментируемые отходы молочного производства смеси микроэлементов из железа (Fe), никеля (Ni) и кобальта (Co) в концентрации 30, 1 и 0,25 мг на 1 литр отходов соответственно позволила интенсифицировать процесс метанообразования в 1,7 раза.

Ключевые слова: биогаз, отходы молочного производства, микроэлементы, интенсификация.

N.F. Kapustin, PhD

*RUE "SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization"
Minsk, Republic of Belarus*

INTENSIFICATION OF BIOGAS PRODUCTION FROM DAIRY WASTE PRODUCTION

Abstract. Studies have been carried out to assess the effect of microelements on the intensity of the methane formation process during anaerobic biofermentation of dairy production waste. It has been established that the addition of a mixture of trace elements from iron (Fe), nickel (Ni) and cobalt (Co) to the fermented waste of dairy production at a concentration of 30, 1 and 0.25 mg per 1 liter of waste, respectively, will intensify the process of methane formation by 1.7 times.

Keywords: biogas, dairy production waste, trace elements, intensification.

Введение

Переработка органических отходов представляет на сегодняшний день серьезную экологическую и производственную проблему. В связи с этим активно ищутся способы их утилизации и эффективного использования. Одним из таких способов является анаэробное сбраживание (АС), представляющее биологический процесс переработки органических веществ с выработкой биогаза в качестве возобновляемого источника энергии.

Беларусь входит в число стран с наибольшим производством молочных продуктов на душу населения [1]. В то же время при их получении образуются большие объемы побочных продуктов и отходов, требующих переработки и утилизации, например, сточные воды, смывы с оборудования, бракованная продукция, молочная сыворотка. В Беларуси существует более 80 предприятий, на которых массово образуются молочные отходы. По данным Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, одной только молочной сыворотки, которая лишь частично используется в качестве вторичного сырья, получается ежегодно порядка 2 млн тонн. При этом стоит учитывать, что при неправильной утилизации сыворотки наблюдаются значительные негативные последствия, т.к. ее загрязняющая способность в 500–1000 раз выше, чем у сточных вод [2]. В то же время отходы и побочные продукты пищевых производств могут быть рационально использованы в качестве дешёвого источника энергии, а именно – переработаны в биогазовых установках с получением метана, что позволит не только решить проблему обезвреживания отходов, но и обеспечить предприятие собственными энергетическими ресурсами.

Именно поэтому оценка метаногенного потенциала отходов молочных производств, а также разработка способов повышения эффективности анаэробных процессов метаногенеза с участием этих субстратов являются актуальными задачами, решение которых может положительно повлиять на экологические и экономические составляющие пищевой промышленности.

Основная часть

Эффективное АС органических субстратов требует наличия в них сбалансированного количества микроэлементов (МЭ) для роста и активности различных микробных консорциумов [3]. Отсутствие или недостаточное количество МЭ в сбраживаемом сырье приводит к серьезному снижению производительности процессов АС и их стабильности [4–8].

Например, железо в ферментируемых органических отходах способствует удалению в виде осадка избытка сульфида, ингибирующего процесс метаногенеза; никель участвует и катализирует последнюю фазу восстановления вырабатываемого в процессе ферментации углекислого газа до метана; кобальт играет очень важную роль в образовании ферментов, осуществляющих процесс метаногенеза и важен для его ацетогенной фазы, которая интенсифицирует распад уксусной кислоты до метана; селен – фундаментальный элемент для переработки жирных кислот и обеспечения роста метаногенных архей; вольфрам способствует гидрогенотрофному пути метаногенеза; цинк стимулирует рост метанобразующих бактерий.

На первой стадии экспериментальных исследований нами были наработаны образцы смесевых добавок на основе Fe, Ni и Co с различной их концентрацией. В качестве ферментируемого сырья были использованы отходы молочного производства ОАО «Туровский молочный комбинат», состоящие из молочных стоков и 6 % сыворотки.

Исследования содержания сухих веществ в образцах осуществлялись по ГОСТ 26713-85, а органических сухих веществ по ГОСТ 26714-85. Уровень pH в образцах измеряли прибором WTW pH 3310SET3.

Метаногенный потенциал отходов молочного производства оценивали по удельному выходу метана при их ферментации в анаэробных условиях и температуре $40 \pm 2^\circ\text{C}$ в водном термостате с периодическим перемешиванием. Субстраты инокулировали анаэробным илом в соотношении по ОСВ 1:2 [9]. Для количественной оценки выхода метана при анаэробной биоферментации использовался автоматизированный комплекс на основе биопроцессконтроллера AMPTS II (рис.1).

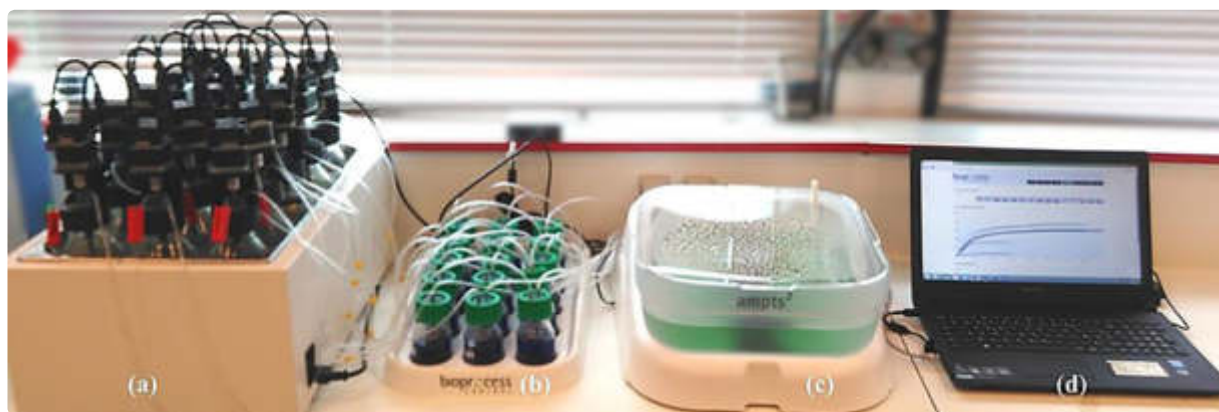


Рис. 1. Автоматизированный комплекс по определению выхода метана в процессе анаэробной биоферментации отходов молочного производства

Исследовали влияние добавки микроэлементов Fe, Ni и Co в диапазоне концентраций 10–50 г, 0,5–3 г, 0,1–1 г на 1 литр субстрата. Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что содержание сухих и органических сухих веществ в отходах молочного производства составляет 0,556 и 38,11 % соответственно. При этом массовое содержание органических веществ составляет 2,11 г в 1 кг исследуемых отходов естественной влажности. Установлены оптимальные концентрации микроэлементов, составляющие 30, 1 и 0,25 г/л соответственно для Fe, Ni и Co и позволяющие интенсифицировать процесс ферментации в 1,7–2,2 раза.

На рис. 2 представлена зависимость удельного выхода метана при анаэробной биоферментации отходов молочного производства без использования и с использованием микроэлементов.

С помощью газоанализатора SSM-6000 (рис. 3) исследовано качество биогаза. Установлено, что содержание в нем метана, углекислого газа и кислорода составляет 65,3; 34,2 и 0 %, а содержание сероводорода 95,1 ppm.

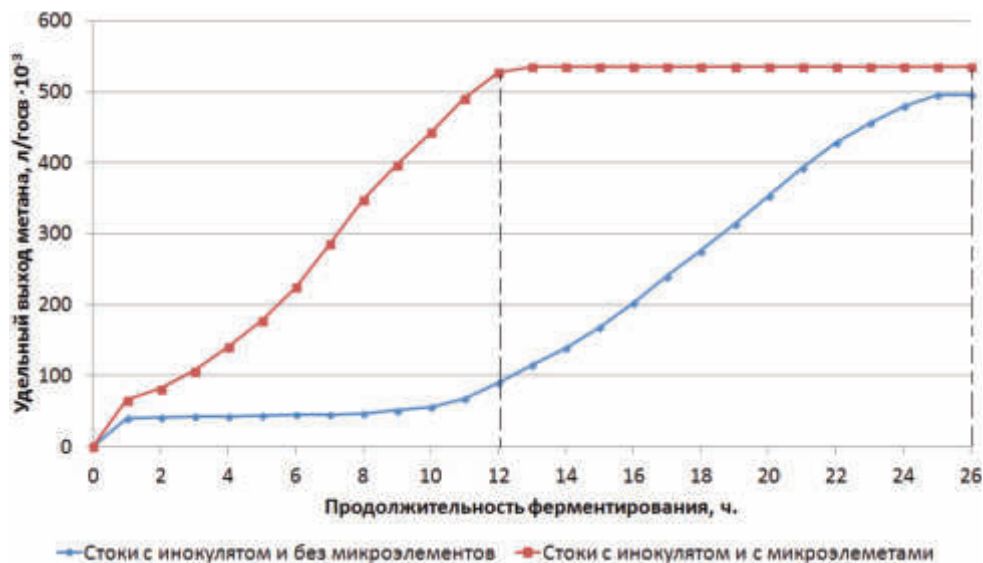


Рис. 2. Удельный выход метана при анаэробной биоферментации отходов молочного производства без использования и с использованием микроэлементов



Рис. 3. Результаты измерения состава биогаза по четырем компонентам: CH₄; CO₂; H₂S; O₂

Заключение

В молочной отрасли Республики Беларусь образуется огромное количество органических отходов. Только молочной сыворотки ежегодно образуется около 2 млн тонн.

В то же время отходы молочного производства могут быть рационально использованы путем их переработки в биогазовых установках с получением метана и выработки на его основе электрической и тепловой энергии.

Отходы молочного производства отличаются низким содержанием сухого и органического сухого вещества. Однако их биоферментация с использованием гранулированного ила в качестве катализатора позволяет увеличить производительность процесса и объемы перерабатываемых отходов с получением, соответственно, достаточных объемов биогаза для энергетических целей.

Кроме этого, исследования показывают, что дополнительно увеличить в 1,5–2 раза производительность процесса биоферментации отходов молочного производства можно путем добавки в них смеси микроэлементов Fe, Ni и Co в концентрации 30, 1 и 0,25 г на 1 литр отходов.

Качество вырабатываемого биогаза из отходов молочного производства по содержанию метана, углекислого газа, кислорода и сероводорода характеризуются соответственно следующими значениями: 65,3; 34,2 и 0 % и 95,1 ppm.

Список использованных источников

1. Сельское хозяйство Республики Беларусь. Статистический сборник/ И.В. Медведева [и др.]; Национальный статистический комитет Республики Беларусь; под общ. ред. И.В.Медведевой. – Минск, 2020 – 178с.
2. О бизнесе, стартапах и инновациях: электронный журнал 2016. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bel.biz/heroes/idea/zarabotat-na-othodah>. – Дата доступа: 14.04.2021.
3. Schnürer A. Biogas Production: Microbiology and Technology / A. Schnürer // *Advances in Biochemical Engineering/ Biotechnology*. – Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2016. – Biogas Production.
4. Demirel B. Trace element requirements of agricultural biogas digesters during biological conversion of renewable biomass to methane / B. Demirel, P. Scherer // *Biomass and Bioenergy*. – 2011. – Vol. 35. – № 3. – P. 992-998.
5. Trace element requirements for stable food waste digestion at elevated ammonia concentrations / C.J. Banks [et al.] // *Bioresource Technology*. – 2012. – Vol. 104. – P. 127–135.
6. Bioavailability of cobalt and nickel during anaerobic digestion of sulfur-rich stillage for biogas formation / J. Gustavsson [et al.] // *Applied Energy*. – 2013. – Vol. 112. – P. 473–477.
7. Improvement of a grass-clover silage-fed biogas process by the addition of cobalt / Å. Jarvis [et al.] // *Biomass and Bioenergy*. – 1997. – Vol. 12. – № 6. – P. 453–460.
8. Influence of trace element supplementation on anaerobic digestion of chicken manure: Linking process stability to methanogenic population dynamics / R. Molaey [et al.] // *Journal of Cleaner Production*. – 2018. – Vol. 181. – Influence of trace element supplementation on anaerobic digestion of chicken manure. – P. 794–800.
9. Инструкция по использованию биопроцессконтроллера [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://https://bioprocesscontrol.com>. – Дата доступа: 14.04.2021.

В.И. Передня¹, д.т.н., профессор, **А.А. Романович²**, к.т.н., доцент

¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

²УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»

г. Минск, Республика Беларусь,

E-mail: nastia.01.02.1986@gmail.com

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭКСТРУЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНОВЫХ КОМПОНЕНТОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КОНЦЕНТРАТНОЙ ЧАСТИ РАЦИОНА ТЕЛЯТ МОЛОЧНОГО ПЕРИОДА

Аннотация. В статье приведен способ совершенствования экструзионной обработки зерновых компонентов при производстве концентратной части рациона телят молочного периода. Обоснован выбор рабочих органов усовершенствованного экструдера для реализации предложенного нового способа.

Ключевые слова: телята, зерно, экструдер, измельчение, шнек, нагрев.

V.I. Perednia¹, Doctor of Technical Sciences, Professor, **A.A. Romanovich²**, Ph.D., Associate Professor

¹ SPC "NAS of Belarus for Agriculture Mechanization"

Minsk, Republic of Belarus

² EE "Belarusian State Agrarian Technical University"

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: nastia.01.02.1986@gmail.com

IMPROVEMENT OF EXTRUSION PROCESSING OF GRAIN COMPONENTS IN THE PRODUCTION OF THE CONCENTRATE PART OF THE DIET OF MILKING CALVES

Abstract. The article presents a method for improving the extrusion processing of grain components in the production of a concentrated part of the diet of calves of the dairy period. The choice of working bodies of the improved extruder for the implementation of the proposed new method is substantiated.

Keywords: calves, grain, extruder, grinding, screw, heating.

Введение

Стратегической задачей молочного скотоводства Беларуси является производство молока и молочной продукции для обеспечения потребности населения и поставки на экспорт. Республика располагает благоприятными природно-климатическими, экологическими и экономическими условиями для развития молочного скотоводства. Наличие достаточного количества естественных лугов и пастбищ, окультуренных кормовых угодий позволяет сохранить на ближайшую перспективу традиционную структуру скотоводства.

Поскольку рыночная экономика не принимает принцип производства «любой ценой», то конкурентоспособной будет только та продукция, которая имеет высокое качество и относительно низкую стоимость. Удельная себестоимость получаемого молока на молочно-товарных фермах (МТФ), как известно, зависит от суммарных затрат на его производство, отнесенных к количеству получаемого молока. Отсюда одним из основных факторов, влияющих на себестоимость молока, является продуктивность животных.

Высокая молочная продуктивность взрослых животных находится в прямой зависимости от условий выращивания и кормления молодняка в раннем возрасте. Продуктивность и многие другие качества крупного рогатого скота (КРС) обусловлены его генотипом. Однако проявление возможного потенциала генотипа находится в прямой зависимости от условий выращивания и особенно кормления телят в молочный период [1, 2].

Основная часть

Молочный период у телят характеризуется одновременно интенсивным ростом органов и тканей и способностью давать высокие приросты. Интенсивность обмена веществ в этот период и связанная с ним интенсивность роста телят пропорционально коррелирует с уровнем будущей молочной продуктивности выращиваемых из них коров и зависит от схем кормления молодняка. Поэтому выращиваемому молодняку КРС необходимо создавать хорошие условия содержания и кормления, которые обеспечат нормальный рост и развитие.

Кроме молозива, цельного молока или его заменителей, как показывают исследования, после 5–6 дней жизни телят необходимо приучать к поеданию растительных кормов (концентратная часть), так как только они в основном позволяют успешно развиваться желудочно-кишечному тракту, что приводит к успешному развитию животного [1].

Концентратная часть рациона чаще всего представлена зерном злаковых культур (ячмень, овес, рожь, некоторые сорта пшеницы, кукуруза и др.), которое предварительно измельчается или подвергается другой обработке для повышения его доступности в желудочно-кишечном тракте. Кроме того, на поверхности зернофуража, особенно консервированного плющеного, содержится различная патогенная микрофлора и плесневые грибки, которые увеличивают группу антипитательных веществ [3].

Зерно злаковых культур наряду с белками содержит много крахмала, усвоение которого у животных происходит медленно. По данным ряда исследований, усвояемость питательного потенциала крахмала в природной форме не превышает 20–25 % [3].

Клетчатка, содержащаяся в больших количествах в зерне и бобах, особенно в их верхних защитных слоях и оболочках, без специальной обработки трудноусвояема [1].

Наиболее рациональное использование концентратов, повышающее эффективность кормления, достигается с помощью комбикормов, так как в таком случае происходит углубленная обработка зернофуража и обогащение его необходимыми добавками, что в итоге существенно повышает его питательную ценность и усвояемость.

В мировой практике известны методы и технологии обработки зернового сырья с целью повышения его переваримости и усвояемости. В последние годы, особенно за рубежом, широко применяются экструдирование, экспандирование и другие виды термомеханической обработки зернофуража [4].

Экструзионная обработка зерна в комбикормовой промышленности является наиболее перспективной. В наиболее экономически развитых государствах (США, Япония, страны Западной Европы) экструзионные технологии стали приоритетным направлением развития пищевой и кормовой промышленности. В настоящее время различными экструзионными методами производят кондитерские изделия, а также корма для домашней птицы, животных, рыб [5, 6].

Основами процессов экструзии занимаются крупные научные центры – Технический университет Берлина (Германия), Центр исследований сельскохозяйственных проблем в Нанте (Франция), Канзасский университет (Соединенные Штаты Америки). Кроме развитых научных центров по всему миру ведутся многочисленные научные работы, позволяющие применить экструзионный технологический процесс при переработке различных кормовых материалов.

Наибольшее применение этот процесс нашел при производстве вспученных кормов для молодняка животных. Например, в США ежегодно вырабатывается таких кормов не менее чем на 4 млн долл. [7].

Фундаментальной задачей процесса экструзии является глубокая клейстеризация крахмала. При этом происходит декструкция макромолекул крахмала с образованием различных декстринов и сахаров, в результате чего существенно повышается усвояемость зернофуража, причем ассимиляция питательных веществ происходит с меньшими энергетическими затратами [7].

Как показывает практика, 90 % гибели молодняка происходит из-за болезней желудочно-кишечного тракта, либо инфекций, занесенных через пищеварительную систему [6].

При кормлении молодняка экструдированными кормами гибель животных от желудочно-кишечных заболеваний снижается в 1,5–2 раза. Кроме того, в дальнейшем при переходе на гру-

бые корма животное, не измученное в раннем возрасте кишечными расстройствами, развивается лучше своих сверстников [7].

В процессе приготовления экструдированного корма зерно подвергается кратковременному, но очень интенсивному механическому и баротермическому воздействию за счет высокой температуры 110–160 °С, давления 5,0 МПа и сдвиговых усилий в винтовых рабочих органах экструдера, в результате чего происходят структурно-механические и химические изменения сырья. За счет резкого падения давления при выходе разогретой зерновой массы происходит «взрыв» (увеличение в объеме) продукта, что делает его более доступным для воздействия ферментов желудка животных, а также повышает усвояемость. В процессе экструдирования крахмал распадается на простые сахара, вредная микрофлора обеззараживается [7].

Таким образом, за время прохождения через экструдер смесь:

- стерилизуется и обеззараживается (болезнетворные микроорганизмы, грибки, плесень полностью уничтожаются);
- гомогенизируется (процессы измельчения, и перемешивания сырья в стволе экструдера продолжаются, продукт становится полностью однородным);
- стабилизируется (нейтрализуется действие ферментов, вызывающих прогорание продукта, таких, как липаза и липоксигеназа, инактивируются антипитательные факторы, токсины);
- обезвоживается (снижается влажность от исходной) [8].

Однако вместе с тем процесс экструдирования обладает рядом существенных недостатков:

- использование высоких температур (110–160 °С) приводит к разрушению некоторых витаминов и незаменимых аминокислот, поэтому температурное воздействие должно быть минимально необходимым для измельчения зерна;
- для измельчения путем нагрева необходимо, чтобы зерновое сырье перешло в состояние «расплава», для этого необходимо создать давление около 5,0 МПа, что является энергозатратным.

Таким образом, экструдирование предоставляет широкие возможности для совершенствования технологии, в современных условиях этот способ является прогрессивным и заслуживает самого широкого применения на практике.

Экспандирование – процесс, основанный на гидротермической обработке корма под давлением. Принцип действия экструдеров и экспандеров одинаков: в шнековом рабочем органе продукт разогревается, уплотняется и выпрессовывается. Однако режимы обработки существенно различаются [9].

В экструдерах продукт разогревается только за счет трения при движении по виткам шнека и активном перемешивании под большим давлением. В экспандере обработка проводится при более высокой влажности (до 26 %) и разогрев осуществляется не только за счет трения, но за счет ввода пара, в результате чего обработка зерна происходит в менее жестких условиях с большей производительностью и с меньшими затратами электроэнергии, чем при экструдировании [9].

Однако такие устройства сложны в устройстве и эксплуатации, так как необходимо осуществить подвод пара к оборудованию и отвод конденсата и отработанных паров из помещения, где установлен экспандер.

В основе термовструдирования лежит кратковременная (5–15 с) высокотемпературная (350–600 °С) обработка зерна в потоке горячего воздуха. При термовструдировании используют высокие температуры и на порядок меньше времени на обработку зерна за счет сверхинтенсивного подвода тепла к зерну в специально организованном режиме теплового удара. В этом случае отпадает необходимость в искусственном увлажнении зерна, а используется только внутренняя естественная влага. Зерна злаков в процессе термовструдирования сами становятся миниатюрными высокоскоростными «котлами варки» под давлением [9].

Термовструдирование зернобобовых позволяет значительно нейтрализовать ингибиторы трипсина и химотрипсина. Вместе с тем организовать подвод тепла к зерну в летящем потоке достаточно сложно, а из-за высоких температур происходит частичное разрушение незаменимых аминокислот и витаминов. поэтому такой способ пока не получил распространения [9].

Таким образом, в каждом из перечисленных термомеханических видов обработки зернофуража есть как свои преимущества, так и недостатки, для устранения которых необходимо объединить лучшие технологические решения в одной машине.

В связи с этим за основу предлагается взять экструдер, но для снижения энергозатрат на осуществляемый технологический процесс необходимо подвести к нему дополнительный источник тепла для интенсификации процесса. Однако в качестве источника тепла использовать пар, как это сделано при экспандировании, нецелесообразно, так как это значительно усложнит конструкцию машины и снизит ее надежность, кроме того, возникнет необходимость в парогенераторе, что существенно увеличит стоимость оборудования для осуществления технологического процесса.

Кроме того, для интенсификации процесса необходимо, чтобы зернофураж стал миниатюрным «котлом варки», как в случае обработки в термовструдере. Для этого необходимо, чтобы зерно содержало относительно большое количество естественной или искусственной влаги, и разогрев всей зерновой массы должен происходить достаточно быстро, то есть в режиме теплового удара, а не только за счет высокого давления и трения, как в обычном экструдере.

Исходя из описанных выше способов нагрева, для дополнительно нагрева обрабатываемых кормов целесообразно применить индукционный способ. В качестве электропроводящего элемента будет выступать вал шнека экструдера, который помещается в индуктор, представляющий собой один или несколько витков провода. К индуктору подводятся токи, в результате чего вокруг индуктора возникает электромагнитное поле. Электромагнитное поле наводит в металлическом вале вихревые токи. Вихревые токи разогревают его под действием Джоулева тепла, в результате шнек разогревается, а концентрированные корма прогреваются за счёт теплопроводности. В результате нагрев будет равномерным с одновременным перемешиванием при транспортировке витками шнека, следовательно, можно избежать «пригорания» компонентов корма, тем самым не снижая качества конечного продукта.

Таким образом, предлагается новый способ и устройство для производства экструдированных продуктов.

В указанном способе производства экструдированного кормового продукта исходное сырье подают в транспортирующий рабочий орган, непрерывно передвигают и перемешивают его внутри кожуха с одновременным воздействием на винтовые смесители и исходное сырье нагревающими полями электромагнитных индукторов. Прежде чем попасть в экструдер, сырье увлажняется, циркулируя по замкнутому циклу винтовых смесителей, нагревается от металлических транспортирующих органов до заданной температуры, а затем пропускается через экструдер.

Устройство для реализации предложенного способа состоит из приемного бункера, транспортирующего рабочего органа, включающего по меньшей мере два винтовых смесителя непрерывного действия, каждый из которых содержит кожух и вал с витками, а также цилиндрических электромагнитных индукторов для опосредованного нагрева, пропускаемого через смесители сырья и экструдера.

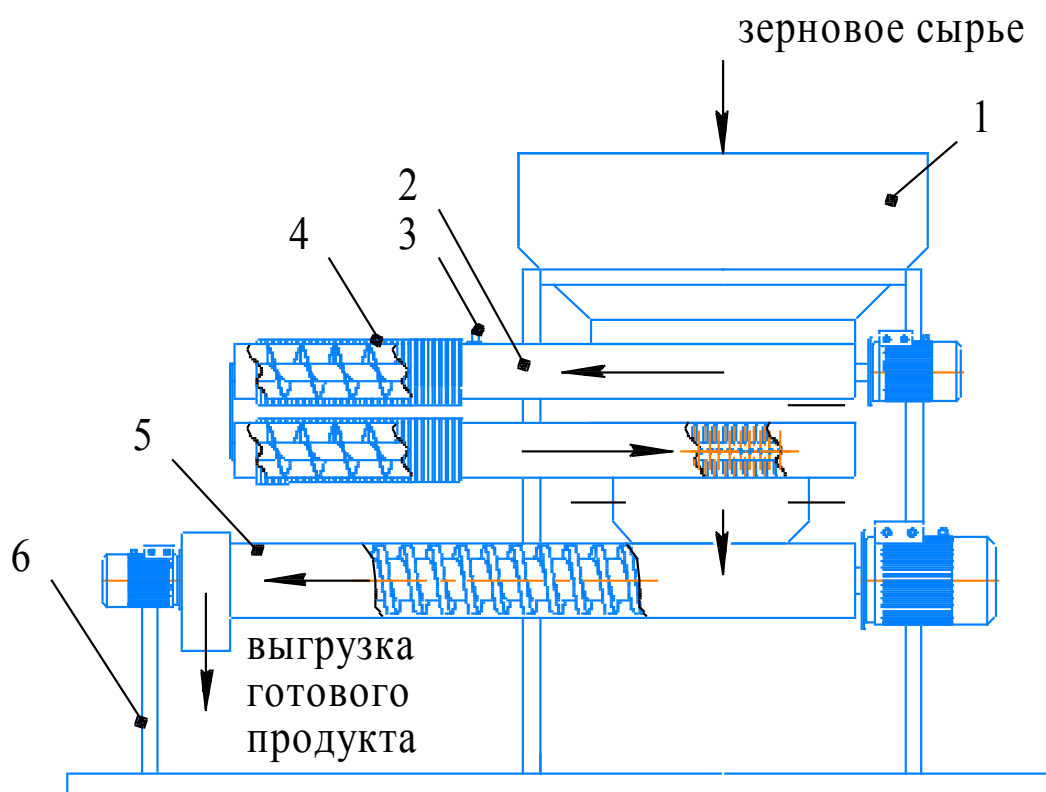
Кроме того, на кожухе винтового смесителя, соединенного с приемным бункером, установлено дозирующее устройство для подачи воды, а на кожухе винтового смесителя, соединенного с экструдером, установлен шибер. На конце вала этого смесителя установлены перебрасывающие лопатки, а напротив них в кожухе винтового смесителя, соединенного с приемным бункером, выполнено окно. В результате чего исходное сырье может поступать в экструдер или транспортироваться по замкнутому циклу в винтовые смесители, выполненные из неметаллических материалов, находящиеся внутри цилиндрических магнитных индукторов.

Установка на винтовом транспортере, соединенном с экструдером, шибера и перебрасывающих лопаток позволит транспортировать сырье по замкнутому циклу или направлять в экструдер.

Применение циркуляции исходного сырья по замкнутому циклу и дозированной подачи на экструдер позволяет нагреть и увлажнить исходное сырье в потоке до заданных требований, что позволит повысить качество и производительность переработки экструдированного корма.

Установка на винтовом транспортере неметаллических кожухов в цилиндрической части электромагнитных индукторов позволит более полно использовать электромагнитное поле и ускорить процесс нагрева исходного сырья, поскольку в этом случае все электромагнитное поле будет воздействовать на валы и витки винтовых смесителей, находящихся внутри исходного сырья.

Предложенные технические решения реализованы в конструкции экструдера, представленной на рисунке.



Общий вид усовершенствованного экструдера: 1 – приемный бункер; 2 – винтовые смесители; 3 – увлажнитель; 4 – индуктор; 5 – экструдер; 6 – рама

Работает усовершенствованный экструдер следующим образом. Первоначальная порция исходного сырья подается в приемный бункер, из которого поступает в соединенный с ним винтовой смеситель, на котором установлен увлажнитель, из которого дозированно подается вода на транспортируемое с помощью смесителя сырье. Кормовые компоненты смешиваются и нагреваются посредством индуктора и подаются на перебрасывающие лопатки, которые перегружают их в винтовой смеситель, соединенный с экструдером, где сырье продолжает нагреваться и перемешиваться. Если подогретое сырье не достигло требуемой температуры, то шибер остается закрытым и масса продолжает движение до перебрасывающих лопаток, которые перегружают ее в окно винтового смесителя, и процесс повторяется до нагрева массы до заданной температуры, после чего шибер открывается и сырье поступает в приемную воронку и далее в экструдер.

Заключение

Преимущество предлагаемого изобретения состоит в том, что за счет непрерывного транспортирования с одновременным увлажнением, смешиванием и предварительным индукционным нагревом исходного сырья валом и витками винтовых смесителей, находящихся в электромагнитном поле индуктора, уменьшается температура нагрева и время нахождения исходного сырья в экструдере, что обеспечивает уменьшение энергоемкости процесса обработки и увеличение производительности устройства.

Кроме того, увеличение влажности исходного сырья до требуемой величины и наличие повышенной температуры и давления приведут к разрыву природных связей крахмала на клеточном уровне и переводу его в более простые соединения (декстрины и сахара), происходит желатинизация крахмала, а следовательно, увеличивается усвояемость обрабатываемого продукта.

Список использованных источников

1. Шупик, М. В. Кормление сельскохозяйственных животных. Методика и техника составления рационов для крупного рогатого скота: учебное пособие / М. В. Шупик, А. Я. Райхман. – Горки : БГСХА, 2013. – 123 с.
2. Горячев, И. И. Кормление высокопродуктивных коров / И. И. Горячев, Ф. Ф. Богуш, Н. В. Пилюк. – Минск : БелНИИМ АПК, 1996. – 220 с.
3. Корма и биологически активные вещества / Н. А. Попков [и др.]. – Минск : Беларуская навука, 2005. – 420 с.
4. Кукта, Г.М. Технология переработки и приготовления кормов / Г.М. Кукта. – М. : Колос, 1978. – 240 с.
5. Анферников, О.Ю. Совершенствование технологии пищевых текстуратов, получаемых способом термопластической экструзии [Текст] / О.Ю. Алферников Дисс. канд. техн. наук. – Краснодар, 2010. – 122 с.
6. Брылинский, М.П. Применение экструдеров при производстве кормов для молодняка сельхозптицы [Текст] / М.П. Брылинский // Хранение и переработка зерна. – 2004. – №9. – С. 43–44.
7. Приоритетные методы тепловой обработки зерновых компонентов в технологии комбикормов [Текст]: Монография / В.А. Афанасьев, А.Н. Остриков. – Воронеж, 2015. – 336 с.
8. Гаврилов Н.В. Обоснование конструктивно-режимных параметров экструдера при переработке кормосмеси. Автореферат дис. к.т.н. – Оренбург, 2005 – 19 с.
9. Бабенко, В.Е. Формализация влияния некоторых параметров процесса варочной экструзии на качество продукта / В.Е. Бабенко [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. – 1994. – №4. – С. 37–38.

А.Н. Перепечаев, к.т.н., А.И. Тарима, С.П. Колешко

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

УБОРКА ЛЬНА-ДОЛГУНЦА В СЛОЖНЫХ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЯХ

Аннотация. В статье изложены основные моменты технологии уборки льна и заготовки тресты. Даны рекомендации по настройкам и регулировкам агрегатов и устранению неисправностей машин.

Ключевые слова: лен-долгунец, полеглый лен, заготовка тресты, способы уборки, льноуборочный комбайн, льнотеребилка, пресс-подборщик.

A.N. Perepechaev, PhD, A.I. Tarima, S.P. Koleshko

*RUE "SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization"
Minsk, Republic of Belarus
E-mail: pan-sl@yandex.ru*

FLAX HARVESTING IN DIFFICULT WEATHER CONDITIONS

Abstract. The article outlines the main points of the technology of flax and straw harvesting. Recommendations are given on the settings and adjustments of the units and troubleshooting machines.

Keywords: fiber flax, downed flax, straw harvesting, harvesting methods, flax harvester, flax puller, baler.

Введение

Целью возделывания льна является получение льноволокна и семян. Основной продукцией при возделывании льна-долгунца является льноволокно, сроки формирования которого не совпадают со сроками созревания семян. Уборка, начатая раньше, приводит к недобору урожая, а запаздывание со сроками проведения уборки ухудшает качество волокна и увеличивает потери семян. Поэтому лен нужно убирать в такой период, когда обеспечивается получение как высокого урожая волокна, так и качественных семян. Формирование волокна в стеблях идет интенсивно до ранней желтой спелости.

В результате проведенных опытов ВНИИЛ установлено, что каждый день запаздывания с уборкой льна по сравнению с оптимальными сроками ведет к потерям волокна в среднем на 2–3 %, а семян на 1,5 %. Кроме этого, запаздывание с уборкой льна увеличивает зараженность семян болезнями.

Лен для получения волокна начинают убирать в фазу ранней желтой спелости. Продолжительность работ должна составлять от восьми до десяти дней.

В этот период обеспечивается получение самой высокой урожайности и качества волокна при удовлетворительной урожайности семян.

Главная цель семеноводческих посевов – получение высокого урожая семян отличного качества. Такие посевы следует убирать в желтой спелости за шесть-восемь дней.

В современных условиях в Беларуси применяются два способа уборки льна-долгунца: раздельная уборка и комбайновая.

При раздельном способе уборки происходит теребление стеблей льна и их расстил на льнище с последующим подъемом лент для очеса семенных коробочек и оборачивания. Для раздельной уборки применяются самоходные двухпоточные льнотеребилки ТСЛ-2,4 производства ДП «Щучинский ремзавод», а для очеса семенных коробочек и оборачивания лент льна – подборщик-очесыватель-оборачиватель СООЛ-5, выпускаемый на ОАО «Калядичаагроماش».

Комбайновый способ уборки основывается на одновременном тереблении стеблей комбайнами, их очесе и расстиле на льнище. Для этих целей в республике применяются льноуборочные комбайны «Двина-4М» производства ОАО «Калинковичский РМЗ». Также используются комбайны ЛК-4А (ЗАО «Завод Бежецксельмаш», Россия).

В среднем по республике на долю уборочных процессов приходится 70–80 % трудозатрат. Низкая производительность машин во многом обуславливает значительные потери выращенного урожая: до 30 % льноволокна и до 50 % льносемян. Происходит это из-за несоблюдения сроков уборки.

Основная часть

Планирование уборки

Для того чтобы убрать выращенный урожай без потерь в максимально короткие сроки, с наименьшими затратами труда и материальных средств, необходимо иметь заранее разработанный план уборки. Для составления данного плана следует знать:

- план сдачи продукции;
- объем площадей участков льна, подлежащих уборке, сорта и сроки их посева, места расположения;
- ожидаемый срок начала созревания и продолжительность периодов ранней желтой и желтой спелости каждого из участков;
- состояние стеблестоя по полеглости, ярусности, засоренности сорняками по участкам;
- наличие уборочной техники, пунктов сушки и переработки льновороха, транспортных средств, их технические и эксплуатационные показатели;
- прогноз погоды, возможную продолжительность работы уборочных агрегатов в сутки, продолжительность вылежки тресты в лентах.

На основании этих данных планируется последовательность проведения уборочных работ, которые следует организовывать групповым методом. Число машин в группе определяют исходя из площади полей, производительности уборочных агрегатов, наличия и расположения пунктов для сушки льновороха, транспортных средств. Чаще всего создаются группы в составе двух-четырех агрегатов. По результатам анализа условий уборки составляется план-маршрут (график) работы агрегатов и групп по участкам убираемых площадей.

Старший группы (звена) должен знать:

- состав группы (звена);
- условия оплаты труда на уборке и послеуборочной обработке льна в зависимости от качества выполнения работы;
- номера полей, площади участков и планируемые даты их уборки;
- кратчайшие маршруты перевозок льновороха к сушильным пунктам;
- кратчайшие маршруты движения агрегатов при переездах с одного поля на другое;
- условия соревнования.

В фазе зеленой спелости лен убирать нельзя, так как солома в этот период зеленая, что снижает ее качество на 0,5 номера. Она плохо просыхает в ленте. Треста дает низкий выход волокна, оно более слабое по прочности. Урожай длинного волокна при уборке льна в зеленой спелости ниже на 7...13 %, а семян – на 2/3, чем в ранней желтой спелости, причем семена имеют очень низкую всхожесть.

В фазе ранней желтой спелости волокно в стеблях хорошо сформировано, что обеспечивает высокий его выход с наилучшим качеством. Семена льна также достаточно сформированы, и при правильной уборке и сушке могут быть использованы для посева, а также на технические цели. В этой фазе спелости начинают уборку товарных посевов льна.

В фазе желтой спелости наблюдается некоторое снижение урожая и качества волокна, но в то же время возрастают урожай семян и их посевные качества по сравнению с уборкой в ранней желтой спелости. В этой фазе спелости семена имеют самую высокую всхожесть и менее подвержены заражению болезнями. Поэтому уборку семеноводческих посевов льна рекомендуется начинать в желтой спелости, когда останется не более 5 % зеленых семян.

В фазу полной спелости стебли льна буреют и сильно поражаются болезнями. При этом снижается качество волокна на 0,5–1,0 номера, а выход длинного волокна – на 12 % и более по сравнению с уборкой в желтой спелости. Снижается урожай семян из-за их осыпания на корню и возрастающих потерь при уборке машинами, а также их всхожесть из-за заражения болезнями и наличия черных и щуплых семян. Уборка льна в фазе полной спелости и следующего за ней «перестоя льна на корню» не допускается.

Исходя из рекомендуемых для уборки фаз спелости льна и длительности перехода от одной фазы к другой, агротехнические сроки уборки товарных посевов ограничиваются фазами ранней и желтой спелости длительностью 10...12 дней, а семеноводческих посевов в желтой спелости – длительностью 6...8 дней. Что касается более поздних сроков уборки, то это приводит к потерям урожая и качества продукции.

Способы уборки

В основу технического обеспечения уборки льна должна быть положена система машинных технологий и технических средств, дифференцированных по зональным условиям и удовлетворяющих требованиям интенсификации, ресурсосбережения, экологии и биологическим особенностям культуры. В зависимости от назначения посевов на стадии теребления льна, их состояния и складывающихся в период уборки погодных условий целесообразно применение двух способов: комбайнового и раздельного. В целях сокращения сроков уборки льна, а также для получения высокого урожая льнотресты и семян в республике широкое применение получил раздельный (двухфазный) способ уборки льна-долгунца с использованием высокопроизводительной самоходной техники. При этом раздельный способ уборки может выполняться по схемам с очесом (обмолотом) семян в поле или на льнозаводе в поточной линии переработки льнотресты. Обе эти технологические схемы апробированы в производственных условиях республики.

Раздельная уборка

Раздельная (двухфазная) уборка льна (с очесом в поле) позволяет сместить ее начало в период ранней желтой спелости. За счет более ранних сроков теребления на 5...10 суток сокращается период вылежки тресты. Одновременно треста получается более высокого качества: выше на 0,3 номера. Как следствие, увеличиваются выход и качество длинного волокна. Также уменьшается продолжительность сушки вороха на карусельной сушилке.

Эта технология сегодня применяется на всех товарно-сортовых посевах на Западе и оправдана выходом длинного волокна, ради чего и высевается лен-долгунец.

Накопленный опыт показывает, что по раздельной технологии с очесом семян в поле должны убираться в благоприятных погодных условиях, прежде всего, семеноводческие посевы в хозяйствах, а также посевы льна с высокой урожайностью семян. В условиях частых дождей такие посевы следует убирать комбайновым способом.

Наиболее рационально внедрение этой технологии в центральной и южной зонах возделывания льна – в Гродненской, Брестской, Гомельской областях и на юге Минской области.

Раздельная двухфазная уборка льна с очесом семян на льнозаводе должна применяться на посевах семенами массовых репродукций, подверженных заболеваниям, проявившимся уже на ранних стадиях вегетации, полеглых льнах.

Комбинированное применение этих технологий позволит не только рационально использовать биологические особенности развития культуры льна в формировании урожая, но и обеспечить его сохранность, снизить энергозатраты.

Для раздельной уборки в республике применяются самоходные двухпоточные льнотеребилки ТСЛ-2,4 производства ОАО «Щучинский ремонтный завод» и ЛТС-2 производства РПДП «Экспериментальный завод» РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства».

Уборка полеглого и длинностебельного льна льнокомбайнами

Наиболее труден для уборки лен, когда стебли его наклонены к земле до 15...20° (полеглость 1–2 балла) и местами скручены. В этих случаях, не дожидаясь наступления спелости льна, надо приступать к выборочному тереблению сильно полеглых участков, особенно тех, на которых возможно подпревание стеблей и заражение их болезнями.

Если лен сильно полег, его приходится теребить комбайном только с одной стороны загона, проезжая другую сторону вхолостую. Комбайновые агрегаты пускают против полеглости стеблей льна или под углом к ней с наклоном большинства стеблей в сторону вытеребленного поля. Делители при этом хорошо поднимают полегшие стебли, в результате улучшается чистота теребления, уменьшается количество забивок в поперечном транспортере. Во время уборки полеглого льна комбайнами стебли расчесываются гребнями очесывающего барабана, часть попревших и спутанных стеблей отходит в путанину, что, конечно, увеличивает ее содержание в ворохе, но зато стебли, разостланные в ленте, укладываются ровно и не спутываются.

Скорость агрегата на полеглом льне снижают до 4...5 км/ч, норму выработки устанавливают в 1,5...2 раза меньше (1,5...2,5 га), чем при тереблении прямостоящего льна, с учетом урожайности льна и степени его полегания.

Работа льнокомбайна на полеглом льне во многом зависит от правильности его регулировок. Чтобы полегшие стебли лучше захватывались теребильными ремнями, высоту теребления устанавливают наименьшей посредством гидроцилиндра или опусканием прицепной скобы трактора. Делители фиксируют так, чтобы их носики подхватывали лежащие стебли, почти касаясь земли. Они должны легко подниматься, не зарываясь в землю, и опускаться под собственным весом. Концы нижних боковых прутков размещают над теребильными шкивами и роликами и заводят с зазором около 100 мм.

Стебли сильно полеглого льна хорошо поднимают удлиненные делители, длина которых на 250 мм больше, чем у делителей на производственных комбайнах. Чтобы облегчить работу на полеглом льне, вносят некоторые изменения и в имеющиеся серийные делители. Для этого разгибают носок нижней трубы делителя на 20 мм и приваривают к его концу новый верхний прут, причем вначале угол подъема прутка должен быть 5...7° на длине 100 мм, а затем – 15...17°. При таком угле наклона прутков и положении носка делитель лучше поднимает лежащие стебли, не выскальзывает из стеблей вверх, хорошо раздвигает и подводит стебли в зону теребления, причем они не зависают на верхнем прутке, а скользят по нему.

Для улучшения чистоты теребления верхний теребильный ролик поднимают ближе к теребильному шкиву, увеличивая зону зажима стеблей. Теребильные ремни и цепи поперечного транспортера натягивают сильнее, зазоры между щитками на выходе из теребильных секций должны быть не менее 20 мм. При работе на полеглом льне постоянно следят за движением стеблей в поперечном транспортере. Даже при незначительной их задержке немедленно останавливают агрегат. Нельзя дожидаться плотной забивки транспортера, ликвидировать которую гораздо труднее. Скопления стеблей в поперечном транспортере часто возникают из-за нависания вытеребленного льна на трубах теребильных секций, особенно на полевой. Устранять эти нависания нужно своевременно при периодических остановках комбайна. На частоту забивок поперечного транспортера в значительной степени влияет наклон его пальцев. В правильном положении пальцы от перпендикуляра к оси цепи отклонены на 25° против направления своего движения. При забиваниях транспортера пальцы отгибаются, что ухудшает захват и транспортировку стеблей. В первоначальное положение пальцы возвращают, отгибая их отрезком трубы в месте соприкосновения цепи с натяжной звездочкой. Нельзя отклонять пальцы на угол меньше 20°, так как они будут затаскивать на себя стебли из поперечного транспортера.

Положение гребней очесывающего барабана устанавливают в зависимости от длины стеблей с учетом полегания льна. На длинностебельном и полеглом льне зажим стеблей усиливают, поджимая пружины нажимных роликов, а гребни отводят от зажимного транспортера для уменьшения количества путанины в ворохе. Однако при этом надо следить, чтобы чистота очеса была не ниже 98 %.

Во избежание забивок транспортера вороха путаниной его минимально наклоняют к горизонту, чтобы высота над передним бортом прицепа составляла 200 мм.

Для сокращения числа забивок камеры очеса путаниной и улучшения загрузки вороха в прицеп целесообразно скорость ленты транспортера вороха увеличить в 2 раза, заменив приводную звездочку на передаточной коробке.

Уборка короткостебельного льна льнокомбайном

Для уборки короткостебельного льна опускают до предела теребильный аппарат и сницу комбайна. Концы кронштейнов, на которых закреплены упоры делителей, должны находиться от земли на расстоянии 20...30 мм. Трубы делителей устанавливают так, чтобы они были параллельны поверхности поля. Этого добиваются перестановкой штифтов в отверстиях упоров, а при необходимости надевают удлинительные кольца.

Для уменьшения смещения стеблей в поперечном транспортере подгибают вверх направляющие прутки на выходе из теребильных секций, чтобы они поджимали ленту стеблей к платформе транспортера. Это улучшит чистоту очеса, так как большее число коробочек попадает под воздействие гребней барабана.

При переходе из поперечного транспортера в зажимной короткие стебли обычно сползают вниз к картеру, часть семенных коробочек попадает в ремни зажимного транспортера и не очесывается. Во избежание этого на выходе из поперечного транспортера к платформе необходимо приварить ряд пружинящих прутков, расположив их с обеих сторон пальцев.

Гребни очесывающего барабана следует приблизить как можно ближе к зажимному транспортеру, а заднюю стенку камеры очеса отвести до предела назад и закрепить ее тягой с прорезями. Нижнюю часть стенки необходимо отогнуть назад, чтобы она коснулась выступов осей зажимных роликов, а гребни барабана подвести к задней стенке камеры очеса с зазором 5...10 мм.

Улучшить чистоту очеса на короткостебельном льне можно также, уменьшив зазор между зубьями на выходной части гребней очесывающего барабана. Для этого поджимают последние зубья друг к другу монтажкой и молотком.

Короткостебельный лен убирают при полных оборотах двигателя трактора, частота вращения вала отбора мощности должна достигать 535...565 оборотов в минуту.

Недоочес коробочек происходит также на изреженном льне, так как лента стеблей слишком тонкая и коробочки свободно проходят между зубьями гребней барабана. В этих случаях необходимо работать на повышенных скоростях движения агрегата с целью утолщения ленты стеблей в зажимном транспортере. На выровненных полях скорость может достигать 12 км/ч.

Особенности уборки семеноводческих посевов льнокомбайнами

Семеноводческие посевы льна комбайнами начинают убирать в желтой спелости, когда на стеблях имеется не более 5 % коробочек с зелеными семенами. Проводят ее за 6...8 календарных дней. Убирать лен в зеленой и полной спелости недопустимо, так как это приводит к большим потерям семян и снижению их качества. Кроме того, уменьшаются выход и качество льноволокна.

С целью снижения потерь семян на льнокомбайнах необходимо установить брезентовые фартуки на выходе из камеры очеса и уловители семян и коробочек, выносимых лентой льна из камеры очеса, со сбором их в периодически сменяемые ящики или подвешенный мешок. При работе в ветреную погоду следует также установить брезентовое ограждение над транспортером вороха и на выходе из него.

При работе льнокомбайнов на семеноводческих посевах особое внимание должно уделяться регулировкам очесывающего и теребильного аппаратов с целью достижения чистоты очеса не ниже 98 % и потерь семян не более 4 %. Особенно это важно на длинностебельном (длиннее 1 м) и короткостебельном (короче 0,5 м) льне. На длинностебельном льне гребни очесывающего барабана тягой эксцентрика удаляют от зажимного транспортера, а теребильный аппарат поднимают. На короткостебельном льне, наоборот, гребни подводят возможно ближе к зажимному транспортеру, а теребильный аппарат опускают вниз.

Технологии заготовки тресты

Контроль за вылежкой льнотресты следует начинать через 5–7 дней после теребления. Расстил лент льносоломой при тереблении осуществляют, как правило, на льнище, лишенном растительного покрова. Рекомендованный наукой подсев райграса пастбищного или овсяницы луговой не производится из-за применения противозлаковых гербицидов, хотя качество тресты при этом повышается на 1–2 номера, выше на 0,5–0,6 номера длинное волокно, а его выход на 1,5–1,7 % (абс.) больше. Подсеянные травы не снижают урожай льна-долгунца.

В таких условиях треста из-за близкого прикосновения с поверхностью почвы загрязняется, условия ее вылежки ухудшаются. Наблюдается подгнивание нижнего слоя. Чтобы избежать этого, необходимо создать оптимальные условия для развития пектиноразлагающихся микроорганизмов, участвующих в процессе вылежки тресты. Этому требованию способствуют ворошение, вспушивание или оборачивание лент.

Оборачивание лент льна

Оборачивание льнотресты создает одинаковые условия для стеблей верхнего и нижнего слоя и тем самым повышает однородность тресты по степени вылежки, а также улучшает цвет волокна. Вспушивание не столь эффективный прием, но его целесообразно применять в условиях повышенной влажности и прорастания ленты сорняками, когда резко ухудшаются условия воздухообмена. В этом случае вначале необходимо провести вспушивание лент, а через 5–7 дней оборачивание. Необходимо помнить, что в условиях нормального увлажнения ворошение увеличивает длительность вылежки тресты, но оно очень эффективно перед рулонированием тресты, т.к. не только ускоряет просыхание ленты, но и снижает засоренность льносырья.

Число оборачиваний лент определяется погодными условиями и урожайностью. Обычно это 1–2. Первое оборачивание лент проводится на 5–8 день после теребления. Для проведения этих работ сегодня в республике применяются самоходные оборачиватели лент льна ОСЛ-1 совместного производства ОАО «Щучинский ремонтный завод» с бельгийской фирмой «DEPOORTERE» и ОЛЛ-1 совместного производства РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» с французской фирмой «DENONDT». Благодаря высокопроизводительной работе этих машин (не менее 0,8 га/ч) появилась реальная возможность влиять на качество льнотресты с урожайностью 8–10 ц/га льноволокна при любых погодных условиях.

Основные регулировки оборачивателей лент льна

Рабочая скорость, позволяющая обеспечить качественный оборот льносолумы, – 8–10 км/ч. При превышении скорости колесо подборщика подпрыгивает, и лён может остаться на земле.

В процессе работы необходимо следить за рабочими органами оборачивателя и в случае необходимости выполнить необходимые регулировки.

Подборщик ленты льна. Пальцы 1 подборщика должны слегка касаться земли. Такая регулировка достигается путем поворачивания рукоятки 2, расположенной наверху колеса 3 подборщика (рис. 1).

Слишком близкая регулировка к земле влечёт за собой подъём с льносолумой значительного количества ненужных элементов, которые наносят вред функционированию мяльно-трепальных линий на льнозаводах.

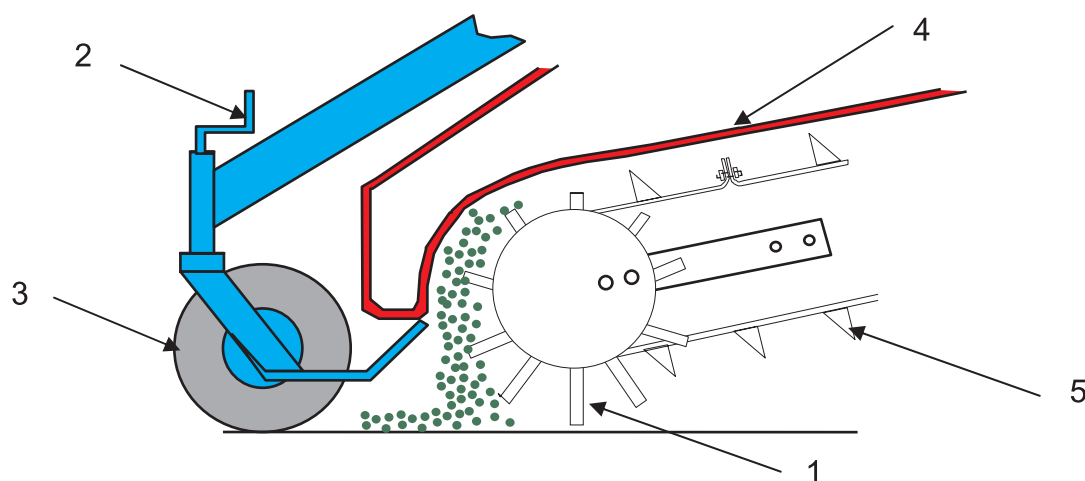


Рис. 1. Регулировка рабочих органов оборачивателя: 1 – палец подборщика; 2 – рукоятка; 3 – колесо подборщика; 4 – направляющий прут; 5 – колос

Направляющие прутки. Регулировка зазора между винтообразными направляющими прутками и лентой оборачивающего транспортера (рис. 1) осуществляется за счет смещения направляющих прутков 4 вдоль пазов кронштейнов. Правильная регулировка направляющих прутков очень важна. Она позволяет избежать забивок подборщика и ремней. Величина зазора в вертикальной плоскости между вершинами колков 5 и направляющими прутками должна быть в пределах 5–6 мм.

Расстилочный стол. Необходимо следить за положением ремней по отношению к расстилочному столу. Приводные ремни должны быть параллельны столу и обеспечивать равномерный проход и расстил ленты льна.

Подборщик. Чтобы подборщик работал без пробуксовывания и качественно подбирал ленту льна, необходимо контролировать натяжение и центровку ремня подборщика.

Для этого необходимо отвинтить болты крепления и контргайки натяжных винтов. Продвинуть подборщик с одной и с другой стороны с помощью натяжных винтов, чтобы центрировать ремень. Если ремень смещен вправо, подтянуть ремень оборачивания с помощью затяжного винта слева.

Если натяжение недостаточно, то нужно укоротить ремень.

Вспушивание лент льна

Вспушивание лент льна рекомендуется проводить при урожайности льнотресты менее 2,5 т/га. При вспушивании (ворошении) лент льна производится отрыв стеблей от почвы (или из проросшей травы) с целью улучшения условий вылежки, исключения вероятности подгнивания нижнего слоя и ускорения их просыхания перед подъемом пресс-подборщиком.

Для вспушивания лент льна в республике применяют навесные ворошилки-вспушиватели ВВЛ-3, ВВЛ-3-01 производства РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» и ворошитель льна ВВЛ-3.4-М производства ОАО «Калинковичский РМЗ».

Данные ворошилки имеют регулируемую ширину захвата от 3,6 до 4,5 м и за один проход вспушивают одновременно три ленты льна. Поэтому они могут работать после уборочных машин с шириной захвата от 1,2 до 1,52 м.

Основные регулировки ворошилок-вспушивателей лент льна

Перед эксплуатацией необходимо выполнить и в процессе работы контролировать следующие регулировки:

- натяжение цепной передачи каждой ворошильной секции;
- положение подбирающих пружинных зубьев относительно почвы;
- регулировка рабочей ширины захвата.

Натяжение приводных цепей. Натяжные цепи необходимо контролировать в процессе работы и проводить натяжение цепи каждой секции.

Необходимо при помощи гаек 2 и тяги 5 (рис. 2) переместить натяжник 1 цепи 6. Натяжение цепи считается нормальным, если прогиб средней части цепи при приложении усилия 147–177 Н (15–18 кгс) (усилие руки) составит 10–15 мм.

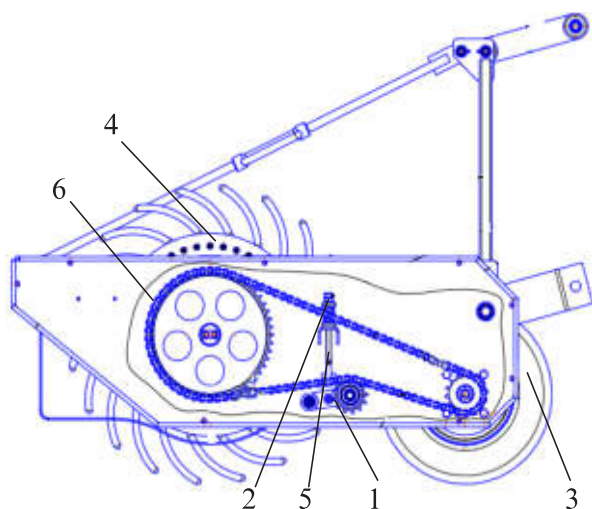


Рис. 2. Регулировка натяжения приводных цепей секций ворошилок: 1 – натяжник; 2 – гайка; 3 – колесо; 4 – ворошильный барабан; 5 – тяга; 6 – цепь

Регулировка подбирающих пружинных зубьев. Для качественного вспушивания лент льна необходима правильная регулировка подбирающих зубьев.

Для регулировки необходимо опустить ворошилку на землю и установить рукоятку управления силовым регулятором в положение «транспортная нейтраль».

Далее центральным винтом навески трактора установить раму ворошилки вертикально.

Вращением талрепа отрегулировать зазор между зубьями и поверхностью земли на каждой секции. Зазор должен быть 10–50 мм.

Регулировка рабочей ширины захвата

В зависимости от того, какая ширина захвата была у машины при тереблении, необходимо отрегулировать рабочую ширину захвата ворошилки. Ширина захвата может регулироваться от 3,6 до 4,5 м.

У ворошилки ВВЛ-3 ширина захвата устанавливается гидроцилиндрами при помощи соответствующих рычагов гидравлики трактора.

Если работы выполняются с применением ворошилок ВВЛ-3-01 или ВВЛ-3.4-М, регулировка ширины захвата производится в условиях ремонтной мастерской с применением подъемно-транспортных средств путем изменения мест крепления ворошильных секций к раме.

Рулонная технология заготовки тресты

В настоящее время в республике основной является технология заготовки тресты в рулонах.

О готовности тресты к подъему судят по ее состоянию. Стебли оптимальной вылежки ломаются, волокно свободно отделяется от древесины в виде сплошных лент (отделяемость волокна от древесины 4,8–6,0 единиц).

Готовую тресту рекомендуется поднимать за 2...3 дня, максимально используя погожие дни. Рулоны сухой тресты в день уборки следует перевезти на льнозавод или убрать под крышу, в скирды и другие места временного хранения.

Когда верхний слой тресты в лентах сухой, а нижний слой имеет влажность выше 20 %, ленты тресты для ускорения сушки можно переворачивать оборачивателем. Оборачивание эффективно проводить как накануне, так и перед подъемом лент.

Для уборки тресты в рулонах должно быть использовано сырье с засоренностью не более 10 %. Ленты должны быть сплошными, прямолинейными, без перекосов стеблей, с горстевой длиной не менее 60 см, растянутостью стеблей не более 1,2. Влажность льносырья в ленте не должна превышать 23 %. При заготовке льнотресты, предназначенной для переработки на линиях российского производства, комли стеблей льна в ленте должны находиться слева, а при заготовке льнотресты для западноевропейских линий – справа.

Подъем лент льнотресты в республике осуществляется прицепными пресс-подборщиками ПРЛ-150 и их модификациями ПРЛ-150АМ и ПРЛ-150МГ, производство которых налажено в ОАО «Бобруйскагромаш». Также широко применяются самоходные пресс-подборщики ПЛС-1,5 совместного производства ОАО «Щучинский ремонтный завод» с бельгийской фирмой «DEPOORTERE» и ПРС-1 совместного производства РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» с французской фирмой «DEHONDT».

Заключение

1. Уборка льна долгунца – это сложный процесс, на долю которого в среднем по республике приходится 70–80 % трудозатрат. Особое внимание необходимо уделять проведению уборочных работ в сложных погодных условиях, когда настройки и регулировки машин имеют большое значение для уменьшения потерь и повышения качества продукции.

2. Выполнение рекомендуемых настроек и регулировок машин на различных операциях при уборке полеглого и короткостебельного льна позволит провести работы с минимальными затратами и потерями продукции.

3. Для уборки выращенного урожая с минимальными потерями в максимально короткие сроки необходимо иметь заранее разработанный план уборки. На основании этого плана определяется последовательность проведения уборочных работ. Исходя из площади полей и производительности уборочных агрегатов определяются оптимальное их количество и сроки проведения отдельных операций.

**Е.Л. Жилич¹, Ю.Н. Рогальская¹, В. Ф. Радчиков², А.М. Глинкова², Б.К. Салаев³,
А.К. Натыров³, Б.С. Убушаев³**

¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: npc_mol@mail.ru

²РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству»

г. Жодино, Республика Беларусь

E-mail: labkrs@mail.ru

³Калмыцкий государственный университет

г. Элиста, Россия

ЭФФЕКТИВНОСТЬ НОВОГО ЗАМЕНИТЕЛЯ ОБЕЗЖИРЕННОГО МОЛОКА В КОРМЛЕНИИ ТЕЛЯТ

Аннотация. Использование ЗОМ в составе комбикорма КР-1 для телят в количестве 15 % от массы комбикорма оказывает положительное влияние на их физиологическое состояние, энергию роста животных, позволяет снизить стоимость комбикорма на 45,7 % и себестоимость продукции молодняка крупного рогатого скота на 12,8 %.

Ключевые слова: молодняк крупного рогатого скота, цельное молоко, заменитель обезжиренного молока, рационы, кровь, продуктивность, эффективность.

**E. L. Zhilich¹, Yu. N. Rogalskaya¹, V. F. Radchikov², A. M. Glinkova², B. K. Salaev³,
A. K. Natyrov³, B. S. Ubushaev³**

¹ RUP "SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization"

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: npc_mol@mail.ru

² RUP "SPC NAS of Belarus for Animal Husbandry"

Zhodino, Republic of Belarus

E-mail: labkrs@mail.ru

³ Kalmyk State University

Elista, Russia

EFFECTIVENESS OF THE NEW SUBSTITUTE SKIMMED MILK IN FEEDING CALVES

Abstract. The use of ZOM as part of the KR-1 compound feed for calves in an amount of 15 % by weight of compound feed has a positive effect on their physiological state, the energy of animal growth, reduces the cost of compound feed by 45,7 % and the cost of production of young cattle by 12,8 %.

Keywords: young cattle, whole milk, skim milk substitute, rations, blood, productivity, efficiency.

Введение

Снижение себестоимости сельскохозяйственной продукции является весьма актуальной проблемой. Чтобы конкурировать на зарубежном и внутреннем рынках, ее производители должны учитывать и использовать все резервы для снижения затрат на производство [1].

Повышение объемов производства и реализации животноводческой продукции невозможно без создания прочной кормовой базы [2]. Среди всех факторов, оказывающих влияние на продуктивность скота, ключевым является кормление. В структуре затрат на продукцию выращивания крупного рогатого скота корма занимают более 60 %, поэтому они играют основную роль в себестоимости прироста. Кормовой фактор является одним из основных определяющих показателей продуктивности животных, эффективности использования кормов и рентабельности производства продукции [3].

Значительное количество цельного и обезжиренного молока, плюс недостаточное производство специализированных комбикормов приводят к тому, что стоимость выращивания телят остается слишком высокой [4]. Применение полноценных комбикормов позволяет получать от животных максимальное количество продукции при одновременном снижении затрат на ее производство. Неотъемлемыми компонентами комбикормов являются белок животного происхождения и углеводы, которые в достаточном количестве содержатся в молочных кормовых средствах [5].

При выращивании сельскохозяйственных животных широкое распространение получило сухое обезжиренное молоко (СОМ), поскольку оно является источником высокоценного белка, углеводов и биологически активных веществ [6]. Однако основным недостатком является то, что высокоценные белки сухого обезжиренного молока – продукт весьма дорогостоящий [7].

Одним из наиболее рациональных путей в поиске ресурсов сырья молочной промышленности и животноводства является использование заменителей молока при выращивании молодняка крупного рогатого скота [8]. Заменители молока – это продукты, позволившие найти технологические и экономические решения для животноводческих хозяйств. Тот факт, что большинство фермеров во всем мире отдало предпочтение заменителям молока, говорит о многих их преимуществах и достоинствах. Как в жидком, так и в сухом виде (для добавления в комбикорма) они широко применяются для выращивания молодняка сельскохозяйственных животных.

В настоящее время накоплен огромный научный и практический опыт использования заменителей обезжиренного молока в животноводстве. Применение заменителей молока дает не только экономический эффект, но и решает многие технологические задачи, возникающие при выращивании телят. Так как продукты выпускаются в сухом виде, они не портятся и не требуют особых условий хранения, им не страшны сильные жара или мороз, их легко и удобно транспортировать (мешки по 25 кг). По внешнему виду заменители молока чуть-чуть отличаются от сухого молока, имеют более кремовый оттенок из-за растительных компонентов, которые улучшают функциональность заменителей молока. Кроме того, заменители молока являются хорошим источником энергии и белка для животных, стимулируют рост и способствуют повышению уровня белка в продуктах животноводства.

В связи с разработкой нового заменителя обезжиренного молока (ЗОМ) и возникшей необходимостью изучения эффективности его использования при выращивании молодняка крупного рогатого скота исследования стали весьма актуальны и приобрели практическую значимость.

Основная часть

Цель работы – изучить эффективность скормливания молодняку крупного рогатого скота заменителя обезжиренного молока (ЗОМ) «АГРОМИЛК-1» в составе комбикорма КР-1 для телят.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- определить химический состав и питательность кормов;
- установить влияние стартерных комбикормов на поедаемость;
- изучить влияние стартерных комбикормов на морфо-биохимический состав крови;
- определить влияние комбикормов на интенсивность роста телят;
- дать зоотехническую и экономическую оценку использования ЗОМ «АГРОМИЛК-1»

в кормлении телят.

Для решения поставленной цели проведен научно-хозяйственный опыт в ГП «ЖодиноАгро-ПлемЭлита» Минской области (табл. 1).

Таблица 1. Схема опыта

Группа	Продолжительность опыта	Живая масса при постановке на опыт, кг	Особенности кормления
I контрольная	60	62,3	Основной рацион (ОР) зерносмесь, цельное молоко с включением в состав комбикорма КР-1 – 15 % СОМ
II опытная	60	61,3	ОР с включением в состав комбикорма КР-1 – 15 % ЗОМ

Различия в кормлении заключались в том, что животным опытной группы в состав комбикорма включалось 15 % ЗОМ вместо СОМ.

При проведении научно-хозяйственных исследований условия содержания животных были одинаковыми, кормление двукратное. В опытах изучались следующие показатели:

- поедаемость кормов – по данным учета заданных кормов и их остатков при проведении контрольного кормления один раз в декаду в два смежных дня;
- живая масса путем индивидуального взвешивания животных ежемесячно;
- гематологические показатели – путем взятия крови из яремной вены через 2,5–3 часа после утреннего кормления в начале и конце опыта.

На основании показателей продуктивности, стоимости израсходованных кормов и общих затрат на производство продукции провели расчет экономической эффективности выращивания молодняка крупного рогатого скота.

Анализ образцов кормов и проб крови проводили в лаборатории биохимических анализов РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству».

Цифровой материал обработан биометрически [9].

Результаты исследований

Исследованиями установлено, что поедаемость кормов животными в научно-хозяйственном опыте была практически одинаковой. Скармливание комбикорма КР-1 с включением в его состав в количестве 15 % по массе ЗОМ «АГРОМИЛК-1» (опытная группа) вместо СОМ (контрольная группа) способствовало увеличению потребления зерносмеси на 6,6 %.

В табл. 2 представлен состав рационов телят и их питательность по фактически съеденным кормам.

В суточных рационах телят подопытных групп содержалось 3,09–3,1 корм. ед. Концентрация обменной энергии в сухом веществе рациона подопытных животных составила 15,4 МДж. В рационе на 1 кормовую единицу в контрольной группе приходилось 97 г

переваримого протеина, в опытной – 96 г. Содержание клетчатки в сухом веществе рациона телят контрольной и опытной групп находилось в пределах 2,8 %.

Гематологический состав крови сельскохозяйственных животных зависит от видовых и породных особенностей уровня и типа кормления, продуктивности, условий содержания и других факторов. Наряду с этим благодаря регуляторным системам организма физиологический состав крови сохраняется постоянным. Изменения морфо-биохимического состава крови дают возможность контролировать нарушения в обмене веществ, связанные с неправильным кормлением или заболеванием животных.

Исследование биохимического состава крови показало, что изучаемые показатели находились в пределах физиологической нормы (табл. 3).

Показатели крови при использовании в рационах телят комбикорма КР-1 с разными молочными компонентами находились на следующем уровне: эритроциты – 6,97–

Таблица 2. Состав и питательность рационов

Корма и питательные вещества	Группа	
	I контрольная	II опытная
Комбикорм КР-1, кг	1,0	1,0
Зерносмесь, кг	0,15	0,16
Цельное молоко, л	6,0	6,0
В рационе содержится:		
кормовых единиц	3,1	3,09
обменной энергии, МДж	28,1	28,2
сухого вещества, кг	1,82	1,83
сырого протеина, г	354,6	354,7
переваримого протеина, г	301,8	296,5
сырого жира, г	240,9	238,8
сырой клетчатки, г	50,6	52,0
сахара, г	307,2	316,6
кальция, г	19,0	19,0
фосфора, г	13,8	13,8
калия, г	17,0	16,8
серы, г	3,8	3,8
железа, мг	117,5	118,7
меди, мг	11,7	12,0
кобальта, мг	3,8	3,9
йода, мг	0,5	0,5

7,01×10¹²/л, гемоглобин – 92,3–94,3 г/л, лейкоциты – 6,7–6,8×10⁹/л, общий белок – 74,8–76,5 г/л, глюкоза – 4,1–5,4 ммоль/л, мочевины – 4,5–4,8 ммоль/л, кальций – 2,97–3,98 ммоль/л, фосфор – 2,13–2,17 ммоль/л.

Использование комбикорма КР-1 с 15 % заменителя сухого обезжиренного молока в рационах телят повысило среднесуточный прирост с 722 г до 728 г или на 0,8 %. Валовой прирост составил в контрольной группе 43,3 кг, а в опытной – 43,7 кг на голову (табл. 4).

Анализ экспериментальных данных, полученных в научно-хозяйственном опыте (табл. 5), свидетельствует о том, что использование в составе комбикорма КР-1 в количестве 15 % по массе ЗОМ «АГРОМИЛК-1» способствует повышению экономической эффективности выращивания молодняка крупного рогатого скота.

Расчет экономической эффективности скормливания телятам ЗОМ «АГРОМИЛК-1» в составе комбикорма КР-1 в количестве 15 % от массы комбикорма показал снижение себестоимости прироста на 12,8 %.

Снижение себестоимости прироста произошло за счет различной стоимости СОМ и ЗОМ «АГРОМИЛК-1», так, стоимость 1 кг СОМ составила 36 900 руб., а ЗОМ «АГРОМИЛК-1» – 16 500 руб. или в 2,2 раза дешевле. Комбикорм КР-1 с включением 15 % по массе предлагаемого заменителя сухого обезжиренного молока «АГРОМИЛК-1» дешевле на 45,7 % комбикормов с включением сухого обезжиренного молока.

Закключение

Использование ЗОМ в составе комбикорма КР-1 для телят в количестве 15 % от массы комбикорма оказывает положительное влияние на их физиологическое состояние и энергию роста животных. Телята росли стабильно, без резких колебаний живой массы, с сохранением приростов живой массы на уровне контрольной группы. Установлено, что включение ЗОМ в составе комбикорма КР-1 для телят в количестве 15 % позволяет снизить стоимость комбикорма на 45,7 % и себестоимость продукции молодняка крупного рогатого скота на 12,8 %.

Таблица 3. Морфо-биохимический состав крови подопытных телят при использовании комбикормов КР-1

Показатели	Группа	
	I контрольная	II опытная
Эритроциты, 10 ¹² /л	7,01 ± 0,4	6,97 ± 0,2
Гемоглобин, г/л	92,3 ± 0,3	94,3 ± 0,2
Лейкоциты, 10 ⁹ /л	6,7 ± 0,29	6,8 ± 0,32
Общий белок, г/л	74,8 ± 1,8	76,5 ± 1,15
Глюкоза, ммоль/л	4,1 ± 2,2	5,4 ± 2,4
Мочевина, ммоль/л	4,8 ± 0,5	4,5 ± 0,4
Кальций, ммоль/л	2,97 ± 0,1	3,98 ± 0,5
Фосфор, ммоль/л	2,13 ± 0,2	2,17 ± 0,4

Таблица 4. Живая масса и среднесуточные приросты подопытных телят при скормливания комбикормов КР-1

Показатели	Группа	
	I контрольная	II опытная
Живая масса, кг:		
в начале опыта	62,3	61,3
в конце опыта	105,6	105,0
Валовой прирост, кг	43,3 ± 0,71	43,7 ± 0,56
Среднесуточный прирост, г	722 ± 11,97	728 ± 9,3

Таблица 5. Экономическая эффективность скормливания телятам заменителя сухого обезжиренного молока (ЗОМ) в составе комбикорма КР-1 (в ценах 2013 г.)

Показатели	Группа	
	I контрольная	II опытная
Стоимость 1 кг СОМ, руб.	36 900	–
Стоимость 1 кг ЗОМ «АГРОМИЛК-1», руб.	–	16 500
Стоимость комбикорма, руб.	6694	3634
Стоимость суточного рациона, руб./гол	25 156	22 108
Стоимость 1 корм. ед., руб.	8115	7155
Затраты кормов на 1 кг прироста на голову, корм. ед.	4,02	4,02
Стоимость кормов на 1 кг прироста, руб.	34 842	30 368
Себестоимость 1 кг прироста, руб.	52 711	45 943
Дополнительно получено прибыли от снижения себестоимости 1 кг прироста, руб.	–	6768
Дополнительная прибыль за опыт от снижения себестоимости прироста на 1 голову, руб.	–	295 762
Дополнительно получено от увеличения прироста, руб./гол.	–	8635

Список использованных источников

1. Яцко, Н. А. Эффективность использования кормов в скотоводстве / Н. А. Яцко // Животноводство Беларуси. – № 1. – С. 14–16.
2. Нормы кормления крупного рогатого скота: справочник / Н. А. Попков [и др.]. – Жодино : РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству». – 2011. – 260 с.
3. Радчиков, В. Ф. Рациональное использование молочной сыворотки / В. Ф. Радчиков, А. Н. Кот. – Мн. : УП «Технопринт». – 2004. – 86 с.
4. Щербакова, О. Е. Заменители цельного молока для молодняка сельскохозяйственных животных. – Москва : Дели принт. – 2003. – 102 с.
5. Боярский, Л. Г. Производство и использование полноценных кормовых смесей / Л. Г. Боярский и др. – М. : Колос. – 1976. – 192 с.
6. Использование творожной сыворотки в ЗЦМ для телят : Комбикорма, добавки, премиксы и ЗЦМ / Бюл. науч. работ. / Ю. П. Лазарев, В. П. Дрозденко, А. А. Механиков. – Дубровицы. – Вып. № 68. – 1982. – С. 67.
7. Алимов, Т. К. Использование заменителей молока при выращивании телят ягнят. М. : ВНИИТЭНСХ. – 1981. – 59 с.
8. Ижболдина, С. Н. Использование кормов молодняком крупного рогатого скота // Зоотехния. – 1998. – № 4. – С. 15.
9. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Мн.: «Высшая школа». – 1973. – 320 с.

**Е.Л. Жилич¹, Ю.Н. Рогальская¹, В.Ф. Радчиков², В.П. Цай², Н.Н. Мороз³,
Т.Л. Сапсалева², Г.В. Бесараб²**

¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь
E-mail: npc_mol@mail.ru

²РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству»,
г. Жодино, Республика Беларусь,
E-mail: labkrs@mail.ru

³Калмыцкий государственный университет,
г. Элиста, Россия

ПОВЫШЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ КОРОВ ПУТЕМ БАЛАНСИРОВАНИЯ РАЦИОНОВ ПО ЭНЕРГИИ

Аннотация. Скармливание коровам сухой жировой добавки производства «Бевитал» в количестве 0,2 кг на голову в сутки обеспечивает увеличение жирности молока на 0,14 %, среднесуточного надоя молока базисной жирности – на 2,6 кг.

Ключевые слова: коровы, рационы, жировая добавка, энергия, продуктивность.

**E. L. Zhilich¹, Yu. N. Rogalskaya¹, V. F. Radchikov², V. P. Tsay², N. N. Moroz³,
T. L. Sapsaleva², G. V. Besarab²**

¹ RUE “SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization”
Minsk, Republic of Belarus,
E-mail: npc_mol@mail.ru

² RUE “SPC NAS of Belarus for Animal Husbandry”
Zhodino, Republic of Belarus,
E-mail: labkrs@mail.ru

³ Kalmyk State University
Elista, Russia

INCREASE COW PRODUCTIVITY BY BALANCING ENERGY RATIONS

Abstract. Feeding cows a dry fat supplement produced by Bevitall in the amount of 0,2 kg per head per day provides an increase in milk fat content by 0,14 %, the average daily milk yield of basic fat content – by 2,6 kg.

Keywords: cows, rations, fat supplement, energy, productivity.

Введение

По мере интенсификации животноводства все большее внимание должно уделяться обеспечению полноценного сбалансированного питания животных [1–3].

Среди факторов, обеспечивающих повышение продуктивности сельскохозяйственных животных, большое значение имеет их полноценное кормление, организация которого возможна при условии обеспечения в рационах всех элементов питания в оптимальных количествах и соотношениях [4, 5]. Максимальная наследственно обусловленная продуктивность, хорошее здоровье и высокие воспроизводительные способности животных проявляются только в том случае, когда удовлетворяются все их потребности в энергии, протеине, минеральных и биологически активных веществах. В связи с этим рационы должны разрабатываться на основе уточненных детализированных норм кормления с учетом химического состава и питательности кормов. Такой принцип позволяет лучше сбалансировать рационы и за счет этого при тех же затратах кормов повысить продуктивность животных. [6, 7].

Полноценность кормления достигается следующим образом:

- повышением качества кормов за счет оптимизации сроков уборки и совершенствования технологий заготовки;
- улучшением состава рационов;
- применением физиологически обоснованных технологий приготовления кормов и способов их скармливания.

Однако высокопродуктивные коровы предъявляют более высокие требования к полноценности кормления. Коровы с удоем 4–6 тыс. кг молока за лактацию выносят из организма с молоком от 360 до 790 кг сухих веществ, в том числе 144–220 кг белка, 250–300 кг жира, 6–9 кг кальция, 4,5–7 кг фосфора и 10 056–15 084 МДж энергии [8, 9].

У таких коров более напряженный обмен веществ по сравнению с коровами средней продуктивности, газообмен повышается в 1,5–2 раза, возрастает также артериальное давление, частота пульса и дыхания. Это значит, что износ организма у них происходит быстрее. И последствия неполноценного кормления вследствие несбалансированности рационов по питательным и биологически активным веществам ведут к глубоким нарушениям обмена веществ, что приводит к нарушению функции воспроизводства, заболеваниям, сокращению сроков продуктивного использования животных до одной – двух лактаций [10].

Для балансирования рационов необходимо подбирать корма, которые обеспечивали бы оптимальное содержание питательных веществ и являлись экономически выгодными, т.е. дешевыми. Хорошо сбалансированный рацион питания должен отвечать требованиям наличия в нем необходимого уровня калорийности (обменной энергии) и протеина, чтобы обеспечить:

- поддержание жизненно важных функций организма (основной обмен);
- молокообразование;
- прирост живой массы;
- воспроизводство.

Одним из компонентов корма, обеспечивающих энергетическую ценность рациона, являются жиры.

Жиры – это широко распространенные в природе органические вещества, неотъемлемые компоненты живых клеток и тканей. В живых организмах жиры (или липиды) выполняют ряд важных функций: входят в структуру мембран, аккумулируют и депонируют энергию, выполняют защитную функцию, входя в состав наружного покрова животных, составляют основу ряда биологически активных веществ – гормонов, витаминов или непосредственно являются ими, служат источниками незаменимых жирных кислот. Жирам присуще азотосберегающее свойство, в основе которого лежит уменьшение использования аминокислот для удовлетворения потребностей организма в энергии и направление их для синтеза белков. Содержание и жирнокислотный состав липидов в мясе и молоке оказывают существенное влияние на их пищевую и биологическую ценность, технологические свойства [11, 12].

Жиры могут быть успешно использованы в кормлении животных и птиц в качестве источников энергии, незаменимых жирных кислот. Рационы и комбикорма, обогащенные жирами, эффективны в биологическом и экономическом отношении.

Основная часть

Цель работы – установить нормы ввода защищенного жира в сухой форме (сухой жир производства «Бевитал») в состав комбикорма и изучить эффективность скармливания кормовой добавки коровам. Научно-хозяйственный опыт проведен на четырех группах коров по 20 голов в каждой (табл. 1).

Различия в кормлении заключались в том, что животным II, III и IV опытных групп в состав комбикормов включалось по 0,2; 0,35 и 0,5 кг жировой добавки производства «Бевитал». В состав основного рациона в первый месяц опыта входили комбикорм, зеленая масса злаково-бобовых культур и кукурузы, во второй – комбикорм, зеленая масса кукурузы, сенаж и сено. Коровы I группы являлись контрольными. Химический состав кормовой добавки представлен в табл. 2.

Как свидетельствуют данные таблицы, жировая добавка Bewi-Spray-99-М содержит 99 % жира.

Условия содержания животных всех групп были одинаковыми.

В процессе исследований изучены следующие показатели:

– общий зоотехнический анализ кормов – по общепринятым методикам;

– поедаемость кормов – проведением контрольных кормлений 1 раз в 10 дней в 2 смежных дня;

– продуктивность коров – проведением контрольных доек 1 раз в месяц;

– содержание жира и белка в молоке – во время контрольных доек.

Для контроля за физиологическим состоянием животных проведен анализ биохимического состава крови.

Результаты исследований

При изучения морфо-биохимического состава крови достоверных межгрупповых различий не установлено (табл. 3). Все показатели находились в пределах физиологических норм с некоторыми межгрупповыми различиями. Так, в крови животных опытных групп несколько больше содержалось глюкозы, витамина А, фосфора, гемоглобина и меньше мочевины, белка и кальция. Однако различия недостоверны.

Таблица 1. Схема опытов

Группа	Количество голов	Продолжительность опыта, дней	Особенности кормления
I контрольная	20	60	Основной рацион (ОР)
II опытная	20	60	ОР + 0,2 кг (2,9 % в составе комбикорма) жировой добавки производства «Бевитал»
III опытная	20	60	ОР + 0,35 кг (5,0 % в составе комбикорма) жировой добавки производства «Бевитал»
IV опытная	20	60	ОР + 0,5 кг (7,1 % в составе комбикорма) жировой добавки производства «Бевитал»

Таблица 2. Химический состав жировой добавки

Показатели	Bewi-Spray-99-М
Жир	99,0
Зола	0,5
Влага	0,5

Таблица 3. Состав крови подопытных животных

Показатели	Группы			
	I контрольная	опытные		
		II	III	IV
Общий белок, г/л	86,2	84,86	81,13	80,3
Глюкоза, ммоль/л	5,06	5,26	5,36	5,1
Эритроциты, 10 ⁶ /мм ³	4,94	4,96	4,75	4,95
Лейкоциты, 10 ³ /мм ³	9,3	8,86	9,03	8,90
Гемоглобин, г/л	9,26	10,06	10,06	8,06
Мочевина, ммоль/л	3,46	3,33	3,03	3,20
Каротин, мг%	0,69	0,61	0,57	0,65
Витамин А, мкг%	1,28	1,31	1,28	1,48
Кальций, ммоль/л	3,22	2,69	2,67	3,00
Фосфор, ммоль/л	1,64	1,67	1,76	1,58
Магний, ммоль/л	0,87	0,84	0,93	0,91
Железо, мкмоль/л	20,93	22,1	19,6	19,46
Магний, г	0,037	0,038	0,035	0,036
Калий, г	0,39	0,48	0,47	0,43
Натрий, г	2,94	2,65	2,83	2,78
Лизоцимная активность, %	4,5	6,13	5,33	6,03
β-лизинная активность, %	17,6	19,10	20,68	16,12
РА	60	50	70	46,7

Показатели	Группы			
	I контроль- ная	опытные		
		II	III	IV
БАСК	72	77	67	63
Альбумины, г/л	44	43	41	40
Глобулины, г/л	41	41	39	39
Холестерин, мМоль/л	3,0	4,2	4,07	3,3
Триглицериды, мМоль/л	0,1	0,1	0,1	0,1
Билирубин общий, мкМоль/л	6,67	6,6	6,43	4,9
Кислотная емкость, мг%	506	500	506	506
Алат, ед/л	43	41	36	35
Асат, ед/л	104	104	118	111
ЛДГ, ед.л.	2898	2752	2718	3195
Железо, мг	327,24	343,17	316,48	369,73
Цинк, мг	3,34	3,69	3,69	3,65
Марганец, мг	0,14	0,14	0,13	0,1
Медь, мг	1,08	0,84	1,08	0,86

Результаты исследований показали (табл. 4), что за период опыта животные всех групп повысили продуктивность. Вместе с тем за первый месяц животные контрольной группы увеличили среднесуточный надой 4 %-ного молока на 0,5 кг. Включение в рацион изучаемой жировой добавки обеспечило несколько большее увеличение продуктивности. Так, использование в кормлении коров 0,2 и 0,35 кг жировой добавки способствовало повышению надоя молока, по сравнению с контрольной группой, на 2,2 кг и 0,5 кг – на 1,5 кг.

Таблица 4. Продуктивность подопытных животных СПК «Кишино-Слободской»

Показатели	Группы			
	I	II	III	IV
Начало опыта				
среднесуточный надой, кг	19,8	19,4	19,1	20,1
содержание жира, %	3,61	3,67	3,80	3,83
надой 4 %-го молока ср.сут., кг	17,9	17,8	18,1	19,2
молока базисной жирности	21,0	20,9	21,4	22,7
содержание белка, %	3,05	3,12	3,19	3,24
1-й месяц				
среднесуточный надой, кг	20,4	22,0	21,6	21,9
содержание жира, %	3,62	3,72	3,85	3,92
надой 4 %-го молока, кг:				
валовый	533,6	594,5	603,2	620,6
среднесуточный	18,4	20,5	20,8	21,4
± к началу опыта	+ 0,5	+ 2,7	+ 2,7	+ 2,2
содержание белка, %	3,31	3,35	3,49	3,54
2-й месяц				
среднесуточный надой, кг	17,0	17,7	18,0	18,8
содержание жира, %	4,49	4,81	4,94	4,99
надой 4 %-го молока, кг:				
валовый	630,3	702,9	732,6	775,5
среднесуточный	19,1	21,3	22,2	23,5
± к началу опыта	+ 1,2	+ 3,5	+ 4,1	+ 4,3

Показатели	Группы			
	I	II	III	IV
содержание белка, %	3,60	3,73	3,80	3,88
± к началу опыта	+ 0,55	+ 0,61	+ 0,61	+ 0,64
За 2 месяца				
среднесуточный надой, кг	18,6	19,7	19,2	20,3
содержание жира, %	4,04	4,24	4,39	4,45
± к началу опыта	+ 0,43	+ 0,57	+ 0,59	+ 0,62
± к I группе	–	+ 0,14	+ 0,16	+ 0,19
надой 4 %-го молока, кг:				
валовый	1163,9	1297,4	1335,8	1396,1
среднесуточный	18,8	20,9	21,5	22,5
± к началу опыта	+ 1,2	+ 3,1	+ 3,4	+ 3,3
± к I группе	–	+ 2,2	+ 2,3	+ 2,2
Надой молока базисной жирности	22,1	24,6	25,3	26,6
± к началу опыта	+ 1,1	+ 3,7	+ 3,9	+ 3,9
± к I группе	–	+ 2,6	+ 2,8	+ 2,8

Во второй месяц лучшие результаты получены также от животных опытных групп. В переводе на 4 %-ное молоко коровы II опытной группы превосходили контрольных на 2,3 кг. От коров III опытной группы, потреблявших 0,35 кг жировой добавки, получено на 2,9 кг молока больше, чем от контрольных. Увеличение нормы изучаемой добавки в IV опытной группе до 0,5 кг оказало несколько больший эффект, чем при скармливании жировой добавки в количестве 0,2 и 0,35 кг. Увеличение надоя 4 %-ного молока здесь составило 3,1 кг по отношению к животным, в состав рациона которых изучаемая добавка не включалась.

В целом за период опыта коровы опытных групп, в состав рациона которых входила жировая добавка производства «Бевитал», имели более стабильную лактацию. Так, животные контрольной группы увеличили среднесуточный надой молока на 1,2 кг. Включение в рацион подопытным животным 0,2 кг изучаемой жировой добавки обеспечило увеличение продуктивности животных на 3,1 кг 4 %-ного молока, что выше на 2,2 кг или на 12,4 %, чем в контрольной группе. При использовании в кормлении коров 0,35 и 0,5 кг изучаемой жировой добавки увеличение надоя 4 %-ного молока составило 3,4 и 3,3 кг, что 2,3 и 2,2 кг или на 13,8 и 12,2 % выше, чем в контрольной группе. За период опыта жирность молока увеличилась у животных всех групп. Вместе с тем следует отметить, что включение в рацион животных II, III и IV опытных групп 0,2; 0,35 и 0,5 кг жировой добавки производства «Бевитал» обеспечило увеличение жирности молока соответственно на 0,14; 0,16 и 0,19 % по сравнению с животными контрольной группы, в рацион которых данная добавка не включалась.

Анализируя полученные данные, можно отметить, что увеличение продуктивности животных опытных групп произошло, в основном, за счет повышения жирности молока.

По содержанию белка в молоке значительных различий не отмечено. К концу опыта количество его несколько увеличилось у животных всех групп.

В результате анализа экономических показателей установлено, что скармливание коровам жировой добавки производства «Бевитал» приводило к удорожанию рациона животных и повышению себестоимости молока. Чем больше вводили изучаемой добавки в состав комбикорма, тем выше была себестоимость молока. Однако повышение продуктивности животных опытных групп обеспечило получение дополнительной прибыли. Лучшие результаты отмечены у коров II опытной группы, в рацион которой включали комбикорм, содержащий 3 % сухой жировой добавки производства «Бевитал». С увеличением нормы ввода в рацион добавки данный показатель снизился на 13,8 и 42,5 %.

Заключение

Использование в кормлении коров сухой жировой добавки производства «Бевитал» в количестве 0,2–0,5 кг на голову в сутки (2,9–7,1 % в составе комбикорма) способствует увеличению жирности молока на 0,14–0,19 %, среднесуточного надоя молока базисной жирности – на 2,6–2,8 кг без снижения содержания белка. Лучшие результаты получены при включении в рацион коров 0,2 кг данной жировой добавки на голову в сутки (2,9 % в составе комбикорма). Скармливание данного количества добавки в кормлении коров обеспечивает увеличение жирности молока на 0,14 %, среднесуточного надоя молока базисной жирности – на 2,6 кг.

Список использованных источников

1. Влияние скармливания разных количеств сапропеля молодняку крупного рогатого скота на физиологическое состояние и переваримость питательных веществ корма / Бесараб Г. В. [и др.] // В сборнике : Научн. обеспеч. уст. развития агропром. комплекса. Сб. мат. Междун. научн.-практич. конф., посв. памяти академика РАН В. П. Зволинского и 30-летию создания ФГБНУ «ПАФНЦ РАН». Прикаспийский агр. фед. научн. центр Росс. ак. наук. Соленое Займище. – 2021. – С. 1331–1336.
2. Эффективность использования кормов с углеводной основой при выращивании ремонтантного молодняку крупного рогатого скота / Приловская Е. И. [и др.] // В сборнике : От инерции к развитию : Научно-инновационное обеспеч. разв. жив-ва и биотехнологий. Сборник материалов международной научно-практической конференции «От инерции к развитию: научно-инновационное обеспечение АПК». – 2020. – С. 164–167.
3. Физиологическое состояние и продуктивность телят при скармливании комбикорма КР-1 с включением экстрадированного обогатителя / Шинкарева С. Л. [и др.] // В сборнике : Научн. основы произв. и обеспеч. качества биологических препаратов для АПК. Материалы Международной научн.-практич. конференции, посвященной 50-летию института. Под редакцией А. Я. Самуйленко. – 2019. – С. 437–441.
4. Влияние соотношения расщепляемого и нерасщепляемого протеина в рационе на пищеварение в рубце бычков / Кот А. Н. [и др.] // В сборнике : Прогрессивные и инновационные технологии в молочном и мясном скотоводстве. Материалы Международной научн.-практич. конференции. Редколлегия : Н. И. Гавриченко (гл. ред.) [и др.]. – Витебск. – 2021. – С. 106–112.
5. Эффективность скармливания коровам ослуженного зерна / Разумовский С. Н. [и др.] // В сборнике : От инерции к развитию : Научно-инновационное обеспечение развития животноводства и биотехнологий. Сборник материалов международной научно-практической конференции «От инерции к развитию: научно-инновационное обеспечение АПК». – 2020. – С. 177–179.
6. Физиологическое состояние и продуктивность бычков при скармливании молотого и экструдированного зерна пелюшки / Кот А. Н. [и др.] // В сборнике : Прогрессивные и инновационные технологии в молочном и мясном скотоводстве. Материалы Международной научно-практической конференции. Редколлегия : Н. И. Гавриченко (гл. ред.) [и др.]. – Витебск. – 2021. – С. 112–119.
7. Эффективность использования гумата натрия в рационах телят / Радчикова Г. Н. [и др.] // В сборнике : Прогрессивные и инновационные технологии в молочном и мясном скотоводстве. Материалы Международной научно-практической конференции. Редколлегия : Н. И. Гавриченко (гл. ред.) [и др.]. – Витебск. – 2021. – С. 282–287.
8. Использование биологически активной добавки «Кормомикс» в кормлении молодняку крупного рогатого скота / Цай В. П. [и др.] // В сборнике : Прогрессивные и инновационные технологии в молочном и мясном скотоводстве. Материалы Международной научно-практической конференции. Редколлегия : Н. И. Гавриченко (гл. ред.) [и др.]. – Витебск. – 2021. – С. 343–350.
9. Эффективность скармливания коровам кормовой добавки «ПМК» / Богданович Д. М. [и др.] // В сборнике : Актуальные направления инновационного развития животноводства и современные технологии производства продуктов питания. Материалы международной научно-практической конференции. – пос. Персиановский. – 2020. – С. 98–105.
10. Кормовые концентраты для коров / Кот А. Н. [и др.] // В сборнике : Инновации в отрасли животноводства и ветеринарии. Международная научно-практическая конференция, посвященная 80-летию со дня рождения и 55-летию трудовой деятельности Заслуженного деятеля науки РФ, Заслуженного ученого Брянской области, Почетного профессора Брянского ГАУ, доктора сельскохозяйственных наук Гамко Леонида Никифоровича. – 2021. – С. 143–150.
11. Энергетическая кормовая добавка «Коубиотик Энергия» в кормлении молодняку крупного рогатого скота / В. Ф. Радчиков [и др.] // В сборнике : Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве : материалы Международной научно-технической конференции, посвященной 110-летию со дня рождения академика М. Е. Мацепуро. – Минск. – 2018. – С. 135–139.
12. Полноценное кормление – основа продуктивности животных / В. П. Цай, В. Ф. Радчиков, А. Н. Кот // В сборнике : Экологические, генетические, биотехнологические проблемы и их решение при производстве и переработке продукции животноводства : Материалы Международной научно-практической конференции (посвященная памяти академика РАН Сизенко Е. И.). Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции, Волгоградский государственный технический университет. – 2017. – С. 20–24.

**Е.Л. Жилич¹, Ю.Н. Рогальская¹, В.Ф. Радчиков², Д.М. Богданович²,
Т.Л. Сапсалева², Д.В. Медведева³, Т.В. Медведская³**

¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь
E-mail: npc_mol@mail.ru

²РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству»
г. Жодино, Республика Беларусь
E-mail: labkrs@mail.ru

³УО «Витебская государственная академия ветеринарной медицины»
г. Витебск, Республика Беларусь

БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНАЯ ДОБАВКА ГУМИНАТ В КОРМЛЕНИИ ТЕЛЯТ

Аннотация. Включение в рацион телятам живой массой 50–104 кг кормовой добавки гуминат из расчета 0,4–0,5 мл/кг живой массы активизирует окислительно-восстановительные процессы в организме, что приводит к повышению среднесуточных приростов на 6,0–8,0 % и снижению затрат кормов на 4,5–5,6 %, себестоимости прироста на 5–8,6 %.

Ключевые слова: корма, телята, гумат натрия, приросты, затраты кормов.

**E. L. Zhilich¹, Yu. N. Rogalskaya¹, V. F. Radchikov², D. M. Bogdanovich², T. L. Sapsaleva²,
D. V. Medvedeva³, T. V. Medvedskaya³**

¹RUP “SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization”
Minsk, Republic of Belarus,
E-mail: npc_mol@mail.ru

²RUP “SPC NAS of Belarus for Animal Husbandry”
Zhodino, Republic of Belarus,
E-mail: labkrs@mail.ru

³EE “Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine”
Vitebsk, Republic of Belarus

BIOLOGICALLY ACTIVE ADDITIVE HUMINATE IN FEEDING CALVES

Abstract. The inclusion in the diet of calves with a live weight of 50–104 kg of the feed additive guminat at the rate of 0,4–0,5 ml/kg of live weight activates redox processes in the body, which leads to an increase in average daily gains by 6,0–8,0 % and a reduction in feed costs by 4,5–5,6 %, the cost of growth by 5–8,6 %.

Keywords: feed, calves, sodium humate, increments, feed costs.

Введение

Производство кормовых добавок нового поколения, обладающих повышенными функциональными свойствами, и включение их в рационы позволяет нормализовать обменные процессы в организме животных и повышать продуктивность телят [1–4].

В связи с этим большого внимания заслуживает сапропель, сохраняющий в своем составе многие биологически активные соединения органической и минеральной природы, а также содержащий специфические продукты их гумификации – гуминовые вещества [5].

Многими исследованиями установлено влияние сапропеля на переваримость питательных веществ и минеральный обмен в организме животных. Подкормка животных сапропелевыми гранулами способствует повышению отложения азота в теле, активизирует усвоение кальция и фосфора, увеличивает переваримость всех питательных веществ. Более высокий уровень использования минеральных элементов влияет на процессы абсорбции и отложения их в организме [6].

Известно, что только сбалансированное, полноценное кормление может обеспечить высокую продуктивность животных при меньших затратах труда и материальных средств на единицу продукции. Полноценность кормления достигается не только улучшением качества кормов и благоприятным соотношением в них компонентов, но и использованием различных комплексных кормовых добавок, содержащих такие препараты.

К числу таких препаратов относится получаемый из торфа гумат натрия (гуминат). Установлено, что данный препарат содержит целый ряд макро- и микроэлементов, а также аминокислот, вступающих в комплексные связи с помощью гуминовых кислот [7–10]. Однако его широкому использованию в кормлении сельскохозяйственных животных препятствует недостаточная изученность влияния препарата на физиологическое состояние и продуктивность животных, не установлены нормы его скармливания, что и послужило поводом для проведения наших исследований.

Основная часть

Цель работы – изучить эффективность использования биологически активной добавки гуминат в рационах телят.

Для выполнения поставленной цели проведены исследования на телятах по схеме, представленной в таблице 1.

Для опыта были подобраны 40 бычков черно-пестрой породы в возрасте 1 месяца, из которых по принципу аналогов было сформировано четыре группы.

Кормление телят было одинаковым, согласно схеме, применяемой в хозяйстве. В состав рациона входило молоко цельное, ЗЦМ, комбикорм КР-1, сено клеверо-тимофеечное. Телята опытных групп, помимо основного рациона, получали препарат гумат натрия: II – 0,3, III – 0,4, IV – 0,5 мл/кг живой массы.

Таблица 1. Схема опыта

Группа	Возраст животных, мес.	Количество животных в группе, гол.	Продолжительность периодов, дней	
			подготовительно-го – 6	основного – 54
I контрольная	1	10	ОР	Основной рацион (ОР) – молоко, ЗЦМ, комбикорм КР-1, сено клеверо-тимофеечное
II опытная	1	10	ОР	Основной рацион + гумат натрия в дозе 0,3 мл/кг живой массы
III опытная	1	10	ОР	Основной рацион + гумат натрия в дозе 0,4 мл/кг живой массы
IV опытная	1	10	ОР	Основной рацион + гумат натрия в дозе 0,5 мл/кг живой массы

Основному периоду опыта продолжительностью 54 дня предшествовал 6-дневный подготовительный период.

В процессе исследований изучены следующие показатели:

1. Расход кормов – путем проведения контрольного кормления один раз в 10 дней, в два смежных дня.

2. Химический состав и питательность кормов – путем общего зоотехнического анализа. Отбор проб кормов осуществлялся в начале и конце научно-хозяйственных опытов по ГОСТ 27262-87.

3. Морфологические и биохимические показатели крови. Кровь для исследований брали из яремной вены через 2,5–3 часа после утреннего кормления. В крови определяли содержание и морфофункциональные свойства эритроцитов, лейкоцитов и гемоглобина с использованием автоматического анализатора «Medonic-620». В сыворотке крови определяли содержание общего белка и его фракций, глюкозы, мочевины, холестерина, общего билирубина, АЛТ, АсАТ, амилазы, ЛДГ, общего кальция, фосфора, неорганического, креатинина – на автоанализаторе «Cormay Lumen (BTS 370 Plus)». Отбор проб крови осуществляли от 4 животных из каждой группы.

4. Минеральный состав кормов и крови – методом атомно-абсорбционной спектрометрии на анализаторе ААС-3.

5. Состояние естественной резистентности – по тестам, характеризующим гуморальные факторы защиты, БАСК – фотоколориметрическим методом по О. В. Смирновой и Т. А. Кузьминой (1966) в модификации Ю. М. Марковой с авторами (1968); ЛАСК – лизоцимную активность сыворотки крови – фотоколориметрическим методом по В. Т. Дорофейчуку; β-лизинную активность сыворотки крови – методом О. В. Бухарина (1970).

6. Живая масса – путем индивидуального взвешивания животных ежемесячно.

На основании показателей продуктивности, стоимости израсходованных кормов, общих затрат на производство продукции произведен расчет экономической эффективности использования кормовой добавки в рационах животных.

Полученные экспериментальные данные обработаны методом биометрической статистики по П. Ф. Рокицкому (1973) с использованием ПЭВМ.

Результаты исследования

Исследованиями установлены незначительные различия по потреблению сена телятами: от 0,45 кг (контроль) до 0,50–0,53 кг (опытные) (табл. 2).

Таблица 2. Рационы подопытных телят

Корма и питательные вещества	Группа			
	I	II	III	IV
Комбикорм КР-1, кг	1,2	1,2	1,2	1,2
Кукуруза (зерно), кг	0,15	0,15	0,15	0,15
Сено клеверо-тимофеечное, кг	0,45	0,50	0,53	0,45
ЗЦМ, л	4,0	4,0	4,0	4,0
Молоко, л	2,0	2,0	2,0	2,0
В рационе содержится:				
кормовых единиц	2,93	2,95	2,96	2,93
обменной энергии, МДж	25,5	25,7	25,8	25,5
сухого вещества, кг	1,71	1,75	1,77	1,71
сырого протеина, г	400,0	410,0	412,0	400,0
переваримого протеина, г	251,0	256,0	260,1	251,0
сырого жира, г	183,0	185,1	187,4	183,0
сырой клетчатки, г	105,9	110,1	113,3	105,9
сахара, г	330,2	334,7	336,5	330,2
кальция, г	18,9	19,2	19,5	18,9
фосфора, г	14,8	14,9	15,1	14,8
магния, г	2,5	2,6	2,6	2,5
натрия, г	5,3	5,4	5,2	5,3
калия, г	21,0	21,1	20,9	21,0
серы, г	5,3	5,7	5,8	5,3
железа, мг	146,4	150,2	151,9	146,4
марганца, мг	90,1	96,3	99,7	90,1
меди, мг	12,9	13,7	14,1	12,9
цинка, мг	78,9	81,0	82,4	78,9
кобальта, мг	3,1	3,3	3,4	3,1
йода, мг	0,9	1,0	1,1	0,9
каротина, мг	81,0	81,1	81,3	81,0
витамина D, тыс. МЕ	3,8	3,8	3,8	3,8
витамина E, мг	39,2	39,2	39,3	39,2

Остальные корма съедались без остатка. В рационах содержалось 2,93–2,96 корм. ед., где на 1 кг сухого вещества приходилось 1,67–1,71 корм. ед. Установлено, что в рационах всех групп в расчете на 1 корм. ед. приходилось 132,0–140,0 г переваримого протеина. По количеству сырого протеина между группами значительных различий не установлено. Данный показатель находился в пределах 400–412 г.

Концентрация обменной энергии не имела существенных различий между группами и в 1 кг сухого вещества находилась в пределах 14,55–14,69 МДж. На 1 МДж ОЭ приходилось на 9,8–10,2 г переваримого протеина. Для нормализации пищеварения у жвачных необходимо обеспечение животных оптимальным количеством клетчатки (в возрасте до 3 месяцев – 6–12 %) [7]. Содержание ее в сухом веществе составило 6,19–6,47 %.

В первые месяцы жизни телят особенно важно вводить в рационы растущих животных корма, содержащие легкопереваримые углеводы – простые сахара, при соотношении сахара и протеина в пределах 0,7–1,0. В наших исследованиях это соотношение находилось на уровне 1,3:1. Кальциево-фосфорное отношение равнялось 1,27–1,30:1.

В организме животного относительно постоянный состав крови. Это объясняется тем, что кроветворение регулируется нервной системой, железами внутренней секреции: гипофизом, надпочечниками, половыми железами. Кроме того, в этом процессе большое участие принимает селезенка, а все перечисленное находится в тесной взаимосвязи с обменом веществ. Организм животных стремится к созданию стабильного состояния своих сред, в том числе в крови, отклонение состава последней от нормы является патологией. Поэтому изучение биологических и морфологических ее показателей является одним из средств объективной характеристики физиологического состояния организма животного. При наличии или недостатке отдельных элементов в крови судят о полноценности кормления. Так, например, низкое содержание гемоглобина в крови связано с недостатком в рационе протеина, микроэлементов, витаминов, а увеличение количества общего белка в сыворотке крови – с повышенным уровнем протеина в рационе.

В наших исследованиях после 2-х месяцев использование испытываемой добавки повысило уровень гемоглобина в сравнении с контрольными животными у II группы на 3,3 % (табл. 3).

Таблица 3. Морфо-биохимический статус крови подопытных телят

Показатель	Группа			
	I	II	III	IV
Эритроциты, $10^{12}/л$	$6,29 \pm 0,05$	$6,5 \pm 0,14$	$6,3 \pm 0,03$	$6,3 \pm 0,03$
Лейкоциты, $10^9/л$	$11,1 \pm 0,69$	$15,1 \pm 0,73$	$11,36 \pm 1,32$	$14,67 \pm 0,76$
Гемоглобин, г/л	$96,5 \pm 3,8$	$99,4 \pm 3,0$	$97,0 \pm 2,3$	$99,0 \pm 1,5$
Общий белок, г/л	$81,6 \pm 2,16$	$83,0 \pm 1,73$	$84,9 \pm 1,42$	$85,7 \pm 1,38$
Глюкоза, ммоль/л	$4,08 \pm 0,26$	$4,20 \pm 0,22$	$4,28 \pm 0,14$	$4,35 \pm 0,09$
Мочевина, ммоль/л	$3,77 \pm 0,89$	$4,08 \pm 1,16$	$3,43 \pm 0,14$	$3,40 \pm 0,43$

Установлена тенденция в повышении количества общего белка в сыворотке крови опытных аналогов II, III, IV групп, разница – 1,7, 4,0 и 5,0 %.

Анализ уровня мочевины наглядно демонстрирует интенсивность белкового обмена в организме подопытных животных. Выявлено, что после скармливания кормовой добавки гуमत натрия в составе комбикорма в дозе 0,3 мг/кг живой массы (группа II), ее концентрация в сыворотке крови телят повысилась на 8,2 %, а в количестве 0,4–0,5 мл/кг живой массы – на 9,9–10,8 % (группы III и IV).

Метаболическую активность углеводного обмена организма подопытных телят можно проследить по уровню сахара в крови. Скармливание молодняку добавки в течение двух месяцев способствовало повышению уровня глюкозы, в сравнении с контролем, на 2,9–4,7 и 6,5 % во II, III, IV опытных группах.

В крови телят отмечено повышение ЛАСК и БАСК с введением препарата гуमत натрия после 2-х месяцев скармливания. У телят показатели ЛАСК повысились у аналогов из II группы на 1,5 %, в III группе – на 3,3 % и в IV – на 4,7 %.

Таблица 4. Уровень естественной резистентности телят

Показатель	Группа			
	I	II	III	IV
Лизоцимная активность, %	6,4 ± 0,29	6,5 ± 0,35	6,6 ± 0,5	6,7 ± 0,3
Бактерицидная активность сыворотки крови, %	70,0 ± 1,20	70,7 ± 5,5	72,0 ± 1,20	72,9 ± 1,30
β-лизимная активность сыворотки крови	19,1 ± 0,29	19,23 ± 0,55	19,23 ± 0,54	19,45 ± 0,05

При анализе β-лизимной активности сыворотки крови существенных различий между группами не обнаружено.

Минеральный состав крови телят в полной мере демонстрирует влияние новой кормовой добавки на изменения в метаболизме макро- и микроэлементов.

Максимальное количество кальция в сыворотке крови телят отмечено у телят из III группы спустя 2 месяца скормливания изучаемой добавки, что в сравнении с контрольными показателями было выше на 7,7 %.

С вводом 0,3 мл добавки (группа II) показатели содержания фосфора в крови телят превзошли данные контрольных сверстников на 4 %, при увеличении уровня ввода до 0,4 мл разница составила 4,8 %. Включение в рацион молодняка КРС 0,5 мл гумат натрия через 2 месяца вызвало повышение его уровня в сыворотке крови на 8 %.

Изучение показателей энергии роста живой массы животных имеет важное значение в определении эффективности использования кормов и биологически активных веществ.

Наиболее полное представление об эффективности использования питательных веществ корма и трансформации их в продукцию при введении в рацион молодняка крупного рогатого скота разной нормы кормовой добавки дает изучение энергии роста и мясной продуктивности животных.

Результаты оценки роста и развития молодняка свидетельствуют, что интенсивное выращивание обеспечило высокую скорость роста телят (табл. 5).

Таблица 5. Живая масса и среднесуточные приросты подопытных телят при скормливании гумат натрия в составе комбикорма КР-1

Показатель	Группа			
	I	II	III	IV
Живая масса, кг:				
в начале опыта	51,7 ± 2,0	50,6 ± 1,9	49,8 ± 1,7	51,0 ± 1,0
в конце опыта	100,6 ± 3,3	101,3 ± 2,4	101,4 ± 2,5	103,8 ± 2,2
Валовой прирост, кг	48,9 ± 1,8	50,7 ± 2,0	51,6 ± 2,2	52,8 ± 2,10
Среднесуточный прирост, г	815,0 ± 35,1	845,0 ± 37,8	860,0 ± 40,2	880 ± 43,4
В % к контролю	100,0	103,7	105,5	108,0

Изучение динамики роста живой массы и продуктивности показало, что за период первого научно-хозяйственного опыта животные контрольной группы увеличили свою массу на 48,9 кг, а опытные на 50,7; 51,6 и 52,8 кг, что на 1,8; 2,7, 3,5 кг больше.

За период опыта, в течение которого телята в составе рациона получали разные дозы гумат натрия, у телят II группы среднесуточный прирост живой массы был выше на 30 г, или на 3,7 %, III – на 45 г или 5,5 %, IV группы – на 65 г, или на 8 % выше, чем у сверстников I группы.

Важным фактором, обуславливающим необходимость включения в рацион животных новых кормовых добавок, является экономическая эффективность их применения. Данный показатель напрямую зависит от себестоимости получаемой продукции.

Анализ экспериментальных данных, полученных в опыте, показал, что при включении в рацион телят новой кормовой добавки затраты кормов на получение прироста во II группе снизились на 3,1 %, III – на 4,5, IV – на 5,6 %. Себестоимость прироста уменьшилась на 3,5 % (II группа), III – на 5,2 %, IV – на 7,2 %.

Закключение

Включение в рацион телятам живой массой 50–104 кг кормовой добавки гуминат из расчета 0,4–0,5 мл/кг живой массы активизирует окислительно-восстановительные процессы в организме, о чем свидетельствует морфо-биохимический состав крови. При этом повышается концентрация общего белка на 3,9–4,0 %, снижается уровень мочевины на 5,0–6,5 %. Отмечено повышение уровня показателей естественной резистентности организма (ЛАСК и БАСК) на 3,6–5,6 % и 2,2–5,5 %, что приводит к повышению среднесуточных приростов на 6,0–8,0 % и снижению затрат кормов на 4,5–5,6 %, себестоимости прироста на 5–8,6 %.

Список использованных источников

1. Лапотко, А. М. Производству комбикормов – новые ориентиры / А. М. Лапотко, А. Л. Зиновенко // Белорусское сельское хозяйство. – 2008. – № 11(79) – 12(80). – С. 40–45.
2. Основы выращивания и откорма крупного рогатого скота / Ф. А. Нагдалиев [и др.]. – Барнаул. – 2001. – 228 с.
3. Влияние скармливания разных количеств сапропеля молодняку крупного рогатого скота на физиологическое состояние и переваримость питательных веществ корма / Бесараб Г. В. [и др.] // В сборнике : Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса. Сборник материалов Международной научно-практической конференции посвященной памяти академика РАН В. П. Зволинского и 30-летию создания ФГБНУ «ПАФНЦ РАН». Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук. Солёное Займище. – 2021. – С. 1331–1336.
4. Влияние соотношения расщепляемого и нерасщепляемого протеина в рационе на пищеварение в рубце бычков / Кот А. Н. [и др.] // В сборнике : Прогрессивные и инновационные технологии в молочном и мясном скотоводстве. Материалы Международной научно-практической конференции. Редколлегия : Н. И. Гавриченко (гл. ред.) [и др.]. Витебск. – 2021. – С. 106–112.
5. Переваримость питательных веществ рационов бычками и показатели пищеварения при включении карбонатного сапропеля / Радчикова Г. Н. [и др.] // Зоотехническая наука Беларуси. – 2010. – Т. 45. – № 2. – С. 192–201.
6. Разумовский Н. П., Богданович Д. М. Влияние разных доз сапропеля на трансформацию энергии рационов в продукцию и продуктивность молодняку крупного рогатого скота // В сборнике : Совершенствование региональных породных ресурсов мясного скота и повышение их генетического потенциала в целях наращивания производства высококачественной отечественной говядины. Материалы Международной научной конференции. Элиста. – 2020. – С. 64–68.
7. Протеин – важный компонент заменителей цельного молока для телят / Радчикова Г. Н. [и др.] // В сборнике : Научное обеспечение животноводства Сибири. Материалы II международной научно-практической конференции. Красноярский научно-исследовательский институт животноводства – Обособленное подразделение «Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук». – 2018. – С. 194–198.
8. Эффективность скармливания гумат натрия при откорме молодняку крупного рогатого скота / Радчикова Г. Н. [и др.] // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. – 2015. – № 18–1. – С. 310–319.
9. Гурин, В. К. Новые источники протеина и биологически активных веществ в рационах ремонтных телок / В. К. Гурин [и др.] // Научные основы повышения продуктивности сельскохозяйственных животных. Сборник научных трудов. Ч.1 / СКНИЖ Краснодар. – 2010. – С. 83–85.
10. Качество говядины при включении в рацион бычков кормовой добавки гумат натрия / В. Ф. Радчиков, [и др.] // Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти Василия Матвеевича Горбатова. Москва. – 2015. – № 1. – С. 396–400.

**Е.Л. Жилич¹, Ю.Н. Рогальская¹, В.Ф. Радчиков², А.М. Глинкова², В.П. Цай²,
А.Н. Кот², Е.А. Шнитко²**

*¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь
E-mail: npc_mol@mail.ru*

*²РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству»
г. Жодино, Республика Беларусь
E-mail: labkrs@mail.ru*

ДЕФЕКАТ КОРМОВОЙ В КОРМЛЕНИИ МОЛОДНЯКА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

Аннотация. В статье изложен материал по использованию различных норм дефеката кормового в составе комбикорма для откормочного молодняка крупного рогатого скота вместо мела. Это позволило снизить стоимость комбикорма и себестоимость прироста, сохранить продуктивность животных, не оказывая отрицательного влияния на их физиологическое состояние.

Ключевые слова: корма, телята, дефекат, кровь, приросты.

**E. L. Zhilich¹, Yu. N. Rogalskaya¹, V. F. Radchikov², A. M. Glinkova², V. P. Tsay²,
A. N. Kot², E. A. Shnitko²**

*¹RUP "SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization"
Minsk, Republic of Belarus,
E-mail: npc_mol@mail.ru*

*²RUP "SPC NAS of Belarus for Animal Husbandry"
Zhodino, Republic of Belarus,
E-mail: labkrs@mail.ru*

FEED DEFECATE IN FEEDING YOUNG CATTLE

Abstract. The article presents the material on the use of various norms of feed defecate in the composition of compound feed for fattening young cattle in the place of chalk. This made it possible to reduce the cost of compound feed and the cost of growth, to preserve the productivity of animals without having a negative impact on their physiological state.

Keywords: feed, calves, defecate, blood, increments.

Введение

Уровень развития животноводства во многом определяется состоянием кормовой базы [1, 2]. Для увеличения производства кормовой продукции, улучшения ее качественных показателей и снижения себестоимости необходимо изыскивать и привлекать новые источники сырья [3, 4].

Большой резерв пополнения сырьевых ресурсов представляют побочные продукты сельского хозяйства и перерабатывающих отраслей промышленности. К примеру, сахарная промышленность, являющаяся источником таких вторичных ресурсов, как свекловичный жом, меласса, фильтрационный осадок (дефекат) и др.

Наиболее остро стоит проблема утилизации фильтрационного осадка, который мало используется, накапливается в отвалах, занимает значительные площади земли, загрязняет окружающую землю. При этом дефекат является источником значительного количества минеральных веществ, особенно кальция, он может использоваться в качестве минеральной подкормки для сельскохозяйственных животных и птицы, заменив более дорогостоящий мел [5, 6].

Поэтому актуальными на сегодняшний день являются исследования по изучению его химического состава как сырья для комбикормовой промышленности, установлению возможности замены им мела и норм скармливания.

Основная часть

Цель работы – изучить эффективность скармливания молодняку крупного рогатого скота дефеката кормового.

Для выполнения поставленной цели проведен научно-хозяйственный опыт. Для опыта были подобраны группы клинически здоровых животных с учетом возраста и живой массы. Опыты проводились на молодняке крупного рогатого скота в заключительный период. В опыте формировалось 4 группы животных. Количество животных в каждой группе составило по 15 голов.

Условия содержания подопытного молодняка при проведении исследований были одинаковыми, согласно принятой технологии хозяйства (беспривязное групповое).

Различия в кормлении подопытных животных заключались в том, что животные контрольной группы получали рацион, принятый в хозяйстве, а их аналогам из опытных групп скармливали комбикорм с разными нормами ввода в его состав кормового дефеката. В комбикорм собственного производства для контрольной группы включен мел кормовой в количестве 1,0 % (по массе). В опытные варианты комбикормов II, III и IV групп взамен кормового мела вводили 1,0; 2,0 и 3,0 % (по массе) дефекат кормовой. Исследования проводились по схеме (табл. 1).

Анализ содержания питательных веществ, кормах и гематологические показатели определяли в лаборатории биохимических анализов РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству».

Таблица 1. Схема научно-хозяйственного опыта

Группа	Количество животных в группе, голов	Продолжительность опыта, дней	Особенности кормления
I контрольная	15	90	Основной рацион (ОР) + комбикорм с 1 % по массе мела кормового
II опытная			ОР + комбикорм с включением 1 % по массе дефеката кормового
III опытная			ОР + комбикорм с включением 2 % по массе дефеката кормового
IV опытная			ОР + комбикорм с включением 3 % по массе дефеката кормового

В течение исследований изучали:

- поедаемость кормов – на основании данных взвешивания заданных кормов и их остатков путем проведения контрольных кормлений один раз в декаду в два смежных дня;
 - влияние комбикормов на морфо-биохимический состав крови, отбор проб крови проводился через 2,5–3 часа после кормления из яремной вены два раза в начале и в конце исследований;
 - интенсивность роста животных – по данным индивидуального взвешивания животных ежемесячно до кормления;
 - оплата корма продукцией – путем определения расхода кормов на единицу прироста;
- Цифровые материалы обработаны методом вариационной статистики [7].

Результаты исследований

Согласно схеме опыта были выработаны контрольный и опытные варианты комбикормов. В результате анализа химического состава комбикормов установлено, что при увеличении процента ввода дефеката в комбикорм незначительно изменялась его питательность, связанная с уменьшением зерновой части.

Основными кормами рациона животных контрольной и опытных групп являлись силососенажная смесь, сено злакобобовое, комбикорм. Учет поедаемости кормов показал, что скармливание опытных вариантов комбикормов не отразилось на потреблении животными рациона, которое оказалось практически на одном уровне. Структура рациона подопытного молодняка крупного рогатого скота третьего периода выращивания (откорм) состояла на: 52,3–53,7 % из силососенажной смеси, 40,2–40,8 % концентратов и 6–6,8 % злакобобового сена.

**Таблица 2. Среднесуточный рацион телят
(по фактически съеденным кормам)**

Корма и питательные вещества	Группа			
	I	II	III	IV
Силососенажная смесь, кг	12,9	12,7	12,7	13,0
Сено, кг	0,9	1,0	1,0	0,9
Комбикорм, кг	2,5	2,5	2,5	2,5
В рационе содержится:				
Кормовых единиц	6,8	6,8	6,77	6,78
Обменной энергии, МДж	77,6	77,6	77,4	77,4
Сухого вещества, г	7,23	7,24	7,24	7,26
Сырого протеина, г	779,8	787,6	786,1	780,3
Переваримого протеина, г	523,9	525,6	524,5	517,4
Сырого жира, г	221,1	220,9	220,4	221,1
Сырой клетчатки, г	1874,1	1880,5	1880,4	1885,9
Крахмала, г	1619,4	1612,8	1600,0	1597,9
Сахара, г	162,2	167,0	166,8	161,9
Кальция, г	44,2	42,7	50,2	57,7
Фосфора, г	27,9	28,4	28,7	29,0
Калия, г	120,4	120,5	120,5	121,2
Серы, г	18,2	18,4	18,4	18,3
Железа, мг	887,6	902,5	906,9	905,2
Меди, мг	76,0	76,1	76,3	77,2
Цинка, мг	274,4	275,0	274,7	275,2
Марганца, мг	180,0	181,4	181,6	181,8
Кобальта, мг	3,7	3,7	3,7	3,7
Йода, мг	1,4	1,4	1,5	1,5
Каротина, мг	217,8	218,2	218,2	219,3

Животными потреблено 6,77–6,8 корм. ед. Содержание ОЭ в сухом веществе находилось в пределах 10,66–10,74 МДж. Потребление сухого вещества подопытным молодняком оказалось практически одинаковым и находилось на уровне 7,23–7,26 кг.

Содержание сырой клетчатки от сухого вещества в рационе животных подопытных групп оказалось около 26 %. Концентрация сырого жира в рационе контрольной и второй опытной групп составила 3,1 %, в третьей и четвертой 3,0 %. Эффективному использованию азота способствует определенный уровень серы в рационе, который не должен превышать 0,3 % от сухого вещества корма. Исходя из полученных данных, этот показатель в группах составил 0,25 %. Отношение кальция и фосфора в рационах составило 1,5–2:1, что находилось в пределах норм и потребности.

При оценке физиологического состояния, изучения продуктивных качеств животных большое значение имеет анализ биохимического состава крови. По изменениям биохимических показателей и морфологического ее состава можно контролировать нарушения в обмене веществ, связанные с неправильным кормлением и заболеванием животных. Исследования биохимического состава крови подопытных животных (табл. 3) свидетельствуют о том, что включение в состав комбикормов дефеката кормового вместо мела не оказало отрицательного влияния на физиологическое состояние животных.

За время проведения научно-хозяйственных опытов показатели крови находились в пределах физиологической нормы, что указывает на нормальное течение обменных процессов

Таблица 3. Биохимический состав крови подопытных животных

Показатели	Группы			
	I	II	III	IV
Эритроциты, $10^{12}/л$	$5,63 \pm 0,25$	$5,38 \pm 0,29$	$6,09 \pm 0,14$	$5,20 \pm 0,17$
Гемоглобин г/л	$94,5 \pm 2,3$	$99,0 \pm 4,7$	$105,0 \pm 7,8$	$105,2 \pm 6,9$
Лейкоциты, $10^9/л$	$9,73 \pm 1,27$	$10,47 \pm 0,66$	$10,53 \pm 0,74$	$10,4 \pm 0,21$
Общий белок г/л	$76,0 \pm 0,15$	$77,6 \pm 1,48$	$76,83 \pm 2,41$	$76,47 \pm 0,48$
Мочевина ммоль/л	$4,41 \pm 0,34$	$3,98 \pm 0,12$	$4,2 \pm 0,46$	$4,46 \pm 0,3$
Глюкоза ммоль/л	$4,2 \pm 0,75$	$4,63 \pm 0,26$	$4,50 \pm 0,36$	$4,23 \pm 0,55$
Кальций, ммоль/л	$2,52 \pm 0,27$	$2,50 \pm 0,08$	$2,64 \pm 0,23$	$2,71 \pm 0,3$
Фосфор, ммоль/л	$1,62 \pm 0,07$	$1,76 \pm 0,1$	$1,92 \pm 0,27$	$1,98 \pm 0,08$
Кислотная емкость, мг%	$466,67 \pm 6,67$	$486,67 \pm 13,33$	$473,33 \pm 13,33$	$480 \pm 11,55$

у животных всех подопытных групп. По результатам биохимического анализа крови молодняки опытных групп установлено повышение в сравнении с контрольными аналогами концентрации гемоглобина на 4,7–11,3 %, общего белка – 1,2–2,1 %, кислотной емкости – 1,4–4,1 %. Мочевина – основной конечный продукт обмена белков в организме животного [5]. В связи с этим концентрация мочевины в крови служит показателем эффективности использования азота в организме на синтез продукции [6]. Содержание мочевины в крови молодняки второй и третьей опытных групп ниже контрольной на 9,8 и 4,8 %. Содержание глюкозы у животных подопытных групп находилось в пределах 4,20–4,63 ммоль/л, кальция 2,5–2,71, фосфора 1,62–1,98 ммоль/л.

Основными показателями выращивания животных является живая масса и скорость их роста. Показателем эффективности скармливания корма является продуктивность животных (табл. 4).

Таблица 4. Изменение живой массы и среднесуточных приростов

Показатель	Группа			
	I	II	III	IV
Живая масса:				
в начале опыта, кг	$184,9 \pm 2,8$	$183,7 \pm 3,35$	$183,8 \pm 3,19$	$183,9 \pm 3,14$
в конце опыта, кг	$266,8 \pm 1,64$	$266,1 \pm 2,01$	$265,8 \pm 1,18$	$265,8 \pm 1,37$
Валовый прирост, кг	$81,9 \pm 1,74$	$82,4 \pm 0,77$	$82,0 \pm 0,96$	$81,9 \pm 1,31$
Среднесуточный прирост, г	$910 \pm 19,27$	$916 \pm 8,54$	$911 \pm 10,67$	$910 \pm 14,57$
Затраты кормов на 1 кг прироста, корм. ед.	7,47	7,42	7,43	7,45

Изучение динамики роста показало, что применение дефеката кормового в составе комбикормов КР-3 собственного производства вместо мела в рационах откормочного молодняки крупного рогатого скота оказало незначительное влияние на среднесуточные приросты живой массы. Так молодняк, потреблявший контрольный вариант комбикорма (с мелом) достиг среднесуточных приростов 910 г, а их аналоги из II, III, IV опытных групп 916 г, 911 г, 910 г соответственно. Затраты кормов на 1 кг прироста находились практически на одном уровне.

Анализ экспериментальных данных, полученных в научно-хозяйственном опыте, свидетельствует о том, что использование кормового дефеката в составе комбикормов способствует повышению экономической эффективности выращивания молодняки крупного рогатого скота.

Стоимость одного килограмма комбикорма с вводом в него 1 %, 2 и 3 % дефеката кормового вместо мела оказалась дешевле до 1,3 % по сравнению с комбикормом (с 1 % ввода мела кормового) контрольной группы. Расчет экономической эффективности скармливания животным дефеката кормового вместо мела в составе комбикормов КР-3 собственного производства в количестве 1 %, 2 или 3 % по массе показал снижение себестоимости прироста до 4,2 %.

Заключение

Скармливание молодняку крупного рогатого скота дефеката кормового в составе комбикормов в количестве 1 %, 2 или 3 % по массе оказывает положительное влияние на физиологическое состояние и обменные процессы, протекающие в организме, а также энергию роста животных. Молодняк рос стабильно, без резких колебаний живой массы, с получением приростов живой массы на уровне контрольной группы. Лучшие результаты по увеличению приростов живой массы отмечены у животных, потреблявших комбикорма с нормой ввода 1 и 2 % дефеката кормового, что превосходит показатели по приросту живой массы в контрольной группы на 3,3 % при одновременном снижении стоимости комбикорма на 1,3 %.

Список использованных источников

1. Свиридова, Т. М. Закономерности обмена веществ и формирования мясной продуктивности у молодняку мясного скота : монография / Т. М. Свиридова. – Москва. – 2003. – 312 с.
2. Экономика организаций и отраслей агропромышленного комплекса / Под ред. В. Г. Гусакова. Кн.2. – Мн. : «Беларуская наука». – 2007. – 800 с.
3. Азаубаева, Г. С. Картина крови у животных и птицы. – Курган: изд-во «Зауралье». – 2004. – 168 с.
4. Профилактика нарушений обмена веществ у высокопродуктивных коров : справ. руководство / Под ред. С. Г. Кузнецова, Л. А. Заболотнова. – Боровск: ЗАО «Витасоль». – 2008. – 27 с.
5. Рукшан Л. В., Ветошкина А. А. Перспективы утилизации побочных продуктов переработки свеклы // Белорусское сельское хозяйство. – 2009. – №9. – С. 54–56.
6. Использование и удаление фильтрационного осадка из сахарных заводов : обзорная информ. Вып. 4 / М-во с.-х. Российской Федерации, Агро-НИИТЭИПП (Пищевая промышленность. Сер. 23. Сахарная промышленность – М. – 1992. – 36 с.
7. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П.Ф. Рокицкий. – Изд. 3-е, испр. – Минск: Выш. шк. – 1973. – 320 с.

**В.Ф. Радчиков¹, А.Н. Кот¹, В.П. Цай¹, А.М. Глинкова¹, Г.В. Бесараб¹,
Е.Л. Жилич², Ю.Н. Рогальская²**

¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству»

г. Жодино, Республика Беларусь

E-mail: labkrs@mail.ru

²РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: npc_mol@mail.ru

ОБМЕН ВЕЩЕСТВ, РУБЦОВОЕ ПИЩЕВАРЕНИЕ И ПРОДУКТИВНОСТЬ БЫЧКОВ ПРИ СКАРМЛИВАНИИ ЭКСТРУДИРОВАННОГО ЗЕРНА БОБОВЫХ

Аннотация. Экструдирование зерна бобовых приводит к снижению расщепляемости протеина на 8,8 %, повышению уровня pH рубцовой жидкости на 0,1, численности инфузорий – на 3,3 %, снижению содержания аммиака – на 4,2 %, способствует повышению среднесуточного прироста живой массы на 4,1 %. В результате затраты кормов на получение прироста снижаются на 2,8 %, эффективность использования протеина кормов увеличивается на 2,6 %.

Ключевые слова: экструдирование, рационы, молодняк крупного рогатого скота, концентрированные корма, продуктивность.

**V. F. Radchikov¹, A. N. Kot¹, V. P. Tsay¹, A. M. Glinkova¹, G. V. Besarab¹,
E. L. Zhilich², Yu. N. Rogalskaya²**

¹ RUE “SPC NAS of Belarus for Animal Husbandry”

Zhodino, Republic of Belarus,

E-mail: labkrs@mail.ru

² RUE “SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization”

Minsk, Republic of Belarus,

E-mail: npc_mol@mail.ru

METABOLISM, SCAR DIGESTION AND PRODUCTIVITY OF BULLS WHEN FEEDING EXTRUDED LEGUMES

Abstract. The extrusion of legume grains leads to a decrease in the cleavability of protein by 8,8 %, an increase in the pH of the scar fluid by 0,1, the number of infusoria by 3,3 %, a decrease in the ammonia content by 4,2 %, contributes to an increase in the average daily increase in live weight by 4,1 %. As a result, feed costs for obtaining an increase are reduced by 2,8 %, the efficiency of the use of feed protein increases by 2,6 %.

Keywords: extrusion, rations, young cattle, concentrated feed, productivity.

Введение

Одной из важных проблем в кормлении сельскохозяйственных животных является обеспечение их качественным протеином. Особенно это касается высокопродуктивных животных [1–3]. Новый подход в физиологии питания базируется на положении, что потребность в азотистых компонентах у жвачных удовлетворяется за счет аминокислот микробного белка, всосавшихся в тонком кишечнике и нераспавшегося в рубце протеина [4]. Они поступают в составе микробного белка, с нераспавшимся протеином корма и эндогенными белками [5].

Микроорганизмы рубца синтезируют белок своего тела из доступного (растворимого) в рубце кормового протеина и небелкового азота. Низкопродуктивный скот удовлетворяет значительную часть потребности в белке за счет синтеза микробного протеина. В общем азоте химуса, поступившего в кишечник, доля микробного белка составляет 60–80 % [6, 7].

Из-за ограничения роста синтеза микробного белка в рубце высокопродуктивные животные должны дополнительно получать белок с кормами рациона, устойчивыми к распаду в сложном желудке. В такой ситуации возрастает роль «транзитного» кормового протеина, избежавшего распада в рубце, как источника доступного для обмена белка. При этом чем выше продуктивность животных, тем больше вклад нераспавшегося в рубце протеина рациона в общий пул аминокислот организма. В свою очередь, нераспавшийся в рубце кормовой протеин должен содержать большую часть незаменимых аминокислот и иметь высокую переваримость в кишечнике. Таким образом, высококачественный протеин для жвачных – это протеин с низкой расщепляемостью в рубце, с ценным аминокислотным составом и хорошо переваримый в кишечнике животных [8].

Степень распадаемости протеина в рубце рассматривается как главный критерий оценки качества кормового белка, который определяет общую переваримость питательных веществ и эффективность использования азота корма животными [9].

При этом значительную часть протеина жвачные животные получают в составе концентрированных кормов. И в большой степени скорость распада протеина зависит от способов подготовки этих кормов к скармливанию. Поэтому успешное решение этих вопросов определяется регулированием процессов пищеварения и обмена веществ в организме животных.

При таких обстоятельствах наряду с увеличением производства высококачественных белковых кормов не менее важное значение имеет разработка способов повышения эффективности их использования [10].

Одним из способов повышения питательности кормов является их обработка различными способами, позволяющая повысить эффективность использования питательных веществ или улучшающая их качество.

Основная часть

Цель работы – определить закономерности протекания белкового метаболизма в рубце молодняка крупного рогатого скота и эффективность использования протеина в организме при обработке концентрированных высокобелковых кормов.

Материал и методика исследований. Исследования проводились в физиологическом корпусе РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» на молодняке крупного рогатого скота черно-пестрой породы в возрасте 3–6 месяцев.

Формирование групп животных осуществляли по принципу пар-аналогов в соответствии со схемой исследований (табл. 1).

Таблица 1. Схема исследований

Группа	Количество животных, голов	Особенности кормления
I опытная	3	ОР (травяные корма, комбикорм) + молотое зерно бобовых
II опытная	3	ОР + экструдированное зерно бобовых

Различия в кормлении заключались в том, что в первой опытной группе часть комбикорма заменена размолотым зерном бобовых культур, а во второй – экструдированным.

Количественные и качественные параметры процессов рубцового метаболизма определяли в физиологических опытах, проведенных методом *in vivo* на сложнооперированном молодняке крупного рогатого скота с вживленными хроническими канюлями рубца.

Результаты исследований

Исследованиями установлено, что подготовка концентрированных кормов к скармливанию оказывает влияние на пищеварение в рубце.

Животные опытных групп получали рацион, состоящий из смеси сенажа разнотравного и силоса кукурузного в соотношении 50:50. Также в состав рациона входил комбикорм.

В структуре рациона на долю концентрированных кормов приходилось 43 % по питательности. Травяные корма в структуре рациона занимали 57 % общей питательности. Концентрированные корма животные потребляли в полном объеме. Отмечено незначительное повышение потребления кукурузного силоса и сенажа в опытной группе.

В среднем в сутки подопытный молодняк получал 5,6–5,8 кг/голову сухого вещества рациона. Содержание обменной энергии в сухом веществе рациона опытных групп составило 9,8–9,9 МДж/кг. На долю сырого протеина в сухом веществе рационов приходилось 11,5 %. Количество клетчатки в сухом веществе составило 25,9 %. Остальные контролируемые показатели питательности рациона были учтены и сбалансированы в пределах норм.

Таблица 2. Состав рубцового содержимого

Показатель	Группа	
	I	II
pH	6,5 ± 0,06	6,6 ± 0,15
ЛЖК, ммоль/100 мл	10,03 ± 0,09	9,57 ± 0,14
Азот общий, мг/100 мл	109 ± 2,46	110,1 ± 2,41
Аммиак, мг/100 мл	12,03 ± 0,23	11,53 ± 0,33
Инфузории, тыс./мл	722 ± 6,17	746 ± 21,55

Таблица 3. Гематологические показатели

Показатель	Группа	
	I	II
Общий белок, г/л	63,4 ± 0,31	64,7 ± 0,88
Мочевина, ммоль/л	4,47 ± 0,19	4,37 ± 0,09
Глюкоза, ммоль/л	4,12 ± 0,10	4,01 ± 0,14
Кальций общий, ммоль/л	2,91 ± 0,05	2,88 ± 0,06
Фосфор неорганический, ммоль/л	2,06 ± 0,08	2,16 ± 0,06

Таблица 4. Динамика живой массы и эффективность использования кормов подопытным молодняком

Показатель	Группа	
	I	II
Живая масса: в начале опыта	161,5 ± 1,2	163,3 ± 1,10
в конце опыта	209,8 ± 1,5	213,7 ± 1,40
Валовой прирост	48,3 ± 0,6	50,3 ± 0,90
Среднесуточный прирост	806 ± 10,3	839 ± 140
в % к контролю	100	104,1
Затраты корма на 1 кг прироста	6,43	6,25
в % к контролю	100	97,2
Затраты протеина на 1 кг прироста, кг	816	795
в % к контролю	100	97,4

Проведение исследований *in vivo* показало, что расщепляемость протеина молотого зерна пелюшки в рубце молодняка крупного рогатого скота составила 76,9 %. В то же время расщепляемость экструдированного зерна – 68,1 % или на 8,8 п.п. меньше.

Скармливание рационов с молотой и экструдированной пелюшкой оказало влияние на показатели рубцового пищеварения (табл. 2).

Наиболее низкий уровень pH рубцовой жидкости отмечен в первой группе – 6,5. Во второй группе, получавшей экструдированное зерно пелюшки, этот показатель был выше и составил 6,6. Вероятно, это было следствием более высокого содержания летучих жирных кислот в рубцовой жидкости у животных контрольной группы. Обобщив результаты по содержанию аммиака, следует отметить, что данный показатель был ниже в опытной группе на 4,2 %. В то же время численность инфузорий возросла на 3,3 %.

Как показали исследования, животные были клинически здоровы, все гематологические показатели находились в пределах физиологических норм (табл. 3).

Установлено увеличение содержания общего белка в крови животных опытной группы на 2 % и фосфора – на 4,9 %. В то же время концентрация мочевины, глюкозы и кальция снизилась – на 2,2 %, 2,7 и 2,4 % соответственно. Однако все различия были недостоверны.

Скармливание экструдированного зерна вместо молотого способствовало повышению эффективности продуктивного действия корма в опытных группах (табл. 4).

Более высокая энергия роста отмечена во II опытной группе – 839 г среднесуточного прироста, что на 4,1 % выше, чем в контрольной группе. В результате затраты кормов в этой группе снизились на 2,8 % и составили 6,25 корм. ед. на кг прироста. Также снизились затраты протеина кормов на 2,6 %.

Заключение

Экструдирование зерна бобовых приводит к снижению расщепляемости протеина на 8,8 %, повышению уровня рН рубцовой жидкости на 0,1, численности инфузорий на 3,3 %, снижению содержания аммиака – на 4,2 %, способствует повышению среднесуточного прироста живой массы на 4,1 %. В результате затраты кормов на получение прироста снижаются на 2,8 %, эффективность использования протеина кормов увеличивается на 2,6 %.

Список использованных источников

1. Харитонов, Е. Л. Комплексные исследования процессов рубцового и кишечного пищеварения у жвачных животных в связи с прогнозированием образования конечных продуктов переваривания кормов : автореф. дисс. д-ра биол. наук / Харитонов Е. Л. – Боровск. – 2003. – 51 с.
2. Новые комбикорма-концентраты в рационах ремонтных телок 4–6 месячного возраста / Кононенко С. И. [и др.] // Сборник научных трудов Северо-Кавказского научно-исследовательского института животноводства. – 2014. – Т.3. – С. 128–132.
3. Влияние скармливания разных количеств сапропеля молодняку крупного рогатого скота на физиологическое состояние и переваримость питательных веществ корма / Бесараб Г. В. [и др.] // В сборнике : Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса. Сборник материалов Международной научно-практической конференции посвященной памяти академика РАН В. П. Зволинского и 30-летию создания ФГБНУ «ПАФНЦ РАН». Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук. Солёное Займище. – 2021. – С. 1331–1336.
4. Физиологическое состояние и продуктивность бычков при скармливании молотого и экструдированного зерна пелюшки / Кот А. Н. [и др.] // В сборнике : Прогрессивные и инновационные технологии в молочном и мясном скотоводстве. Материалы Международной научно-практической конференции. Редколлегия : Н. И. Гавриченко (гл. ред.) [и др.]. – Витебск. – 2021. – С. 112–119.
5. Рапсовый жмых в составе комбикорма КР-1 для телят / Сапсалева Т. Л. [и др.] // В сборнике : Прогрессивные и инновационные технологии в молочном и мясном скотоводстве. Материалы Международной научно-практической конференции. Редколлегия : Н. И. Гавриченко (гл. ред.) [и др.]. – Витебск. – 2021. – С. 310–316.
6. Влияние соотношения расщепляемого и нерасщепляемого протеина в рационе на пищеварение в рубце бычков / Кот А. Н. [и др.] // В сборнике : Прогрессивные и инновационные технологии в молочном и мясном скотоводстве. Материалы Международной научно-практической конференции. Редколлегия : Н. И. Гавриченко (гл. ред.) [и др.]. – Витебск. – 2021. – С. 106–112.
7. Физиологическое состояние и продуктивность телят при скармливании комбикорма КР-1 с включением экструдированного обогатителя / Шинкарева С. Л. [и др.] // В сборнике : Научные основы производства и обеспечения качества биологических препаратов для АПК. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию института. Под редакцией А. Я. Самуйленко. – 2019. – С. 437–441.
8. Рапсовый жмых в составе комбикорма КР-1 для телят / Сапсалева Т. Л. [и др.] // В сборнике : Прогрессивные и инновационные технологии в молочном и мясном скотоводстве. Материалы Международной научно-практической конференции. Редколлегия : Н. И. Гавриченко (гл. ред.) [и др.]. – Витебск. – 2021. – С. 310–316.
9. Обмен веществ и продуктивность бычков при разном количестве нерасщепляемого протеина в рационе / Разумовский Н. П., Богданович Д. М. // В сборнике : Научное обеспечение животноводства Сибири. Материалы III международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 225–228.
10. Разумовский Н. П., Богданович Д. М. Эффективность использования в кормлении молодняку крупного рогатого скота белковых добавок на основе зерна рапса, люпина, вики // В сборнике : Совершенствование региональных породных ресурсов мясного скота и повышение их генетического потенциала в целях наращивания производства высококачественной отечественной говядины. Материалы Международной научной конференции. Элиста. – 2020. – С. 79–83.

**Н.Г. Бакач¹, Е.Л. Жилич¹, Ю.Н. Рогальская¹, Д.М. Богданович², А.Н. Кот²,
В.Ф. Радчиков², Д.В. Медведева³, В.А. Люндышев⁴**

¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: npc_mol@mail.ru

²РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству»

г. Жодино, Республика Беларусь

E-mail: labkrs@mail.ru

³УО «Витебская государственная академия ветеринарной медицины»

г. Витебск, Республика Беларусь

⁴УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»

г. Минск, Республика Беларусь

ПИЩЕВАРЕНИЕ В РУБЦЕ И ПРОДУКТИВНОСТЬ БЫЧКОВ ПРИ СКАРМЛИВАНИИ ЗЕРНА РАЗНОЙ КРУПНОСТИ ПОМОЛА

Аннотация. Использование в кормлении молодняка крупного рогатого скота дроблёного зерна пелюшки и вики способствует улучшению физиологического состояния животных, обеспечивает увеличение среднесуточного прироста живой массы на 4,6–5,4 % при снижении затрат кормов на его получение на 2,0–3,3 %.

Ключевые слова: молодняк крупного рогатого скота, зерно пелюшки, зерно вики, размол, дробление, продуктивность.

**N. G. Bakach¹, E. L. Zhilich¹, Yu. N. Rogalskaya¹, D. M. Bogdanovich², A. N. Kot²,
V. F. Radchikov², D. V. Medvedev³, V. A. Lundyshev⁴**

¹RUE “SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization”

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: npc_mol@mail.ru

²RUE “SPC NAS of Belarus for Animal Husbandry”

Zhodino, Republic of Belarus

E-mail: labkrs@mail.ru

³EE “Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine”

Vitebsk, Republic of Belarus

⁴EE «Belarusian State Agrarian Technical University”

Minsk, Republic of Belarus

DIGESTION IN THE RUMEN AND PRODUCTIVITY OF CALVES WHEN FEEDING GRAIN OF DIFFERENT GRINDING VARIETIES

Abstract. The use of crushed grain of pelyushka and vetch in feeding young cattle contributes to the improvement of the physiological state of animals, ensures an increase in the average daily increase in live weight by 4,6–5,4 %, while reducing the cost of feed for its production by 2,0–3,3 %.

Keywords: young cattle, pelyushka grain, wiki grain, grinding, crushing, productivity.

Введение

Важными показателями, определяющими продуктивность животных, являются кормовой фактор, эффективность использования кормов и рентабельность производства продукции животноводства [1]. Количество и качество получаемой продукции напрямую связано с уровнем кормления. При этом значительно возрастают требования к качеству кормов и их способности удовлетворять потребности животных в питательных веществах [2].

Одной из основных проблем в кормлении сельскохозяйственных животных является недостаток кормового протеина [3, 4]. При таких обстоятельствах наряду с увеличением производства высококачественных белковых кормов не менее важное значение имеет разработка способов повышения эффективности их использования. Определение условий, способствующих интенсивному синтезу микробного белка в рубце из простых азотистых соединений, а также снижению распада высококачественных белков корма в рубце и увеличению поступления их в кишечник, является важной задачей в разработке методов повышения эффективности использования корма животными [5, 6].

У жвачных животных потребность в азотистых компонентах удовлетворяется за счет аминокислот микробного белка, всосавшихся в тонком кишечнике, и не распавшегося в рубце протеина. Они поступают в составе микробного белка, с нераспавшимся протеином корма и эндогенными белками [7]. При этом степень распадаемости протеина в рубце рассматривается как главный критерий оценки качества кормового белка, который определяет общую переваримость питательных веществ и эффективность использования азота корма животными. При увеличении продуктивности животных микробный белок не в состоянии удовлетворить возрастающие потребности организма в аминокислотах. В такой ситуации возрастает роль «транзитного» кормового протеина, избежавшего распада в рубце, как источника доступного для обмена белка. При этом чем выше продуктивность животных, тем больше вклад нераспавшегося в рубце протеина рациона в общий пул аминокислот организма [8–10].

Основная часть

Цель работы – определить влияние механических способов обработки высокобелковых концентратов на физиологическое состояние и продуктивность молодняка крупного рогатого скота.

Материал и методы исследований. Исследования проведены на бычках черно-пестрой породы в возрасте 6–9 месяцев живой массой 184,9–187,2 кг. В качестве высокобелкового концентрированного корма использовалось зерно пелюшки и вики, подвергнутое размолу и дроблению (табл. 1).

Таблица 1. Схема исследований

Группа	Количество животных, голов	Возраст животных, мес.	Продолжительность опыта, дней	Особенности кормления
I контрольная	3	8	60	ОР (травяные корма, комбикорм) + молотое зерно пелюшки
II опытная	3	8	60	ОР + дробленое зерно пелюшки
III контрольная	3	8	60	ОР + молотое зерно вики
IV опытная	3	8	60	ОР + дробленое зерно вики

Различия в кормлении заключались в том, что в контрольной группе животные взамен части комбикорма получали размолотое (величина частиц до 1 мм) зерно бобовых культур, а в опытных – дробленое (величина частиц 2–3 мм).

Отбор проб проводился по ГОСТ 27262-87. Химический состав кормов, используемых в опытах, определялся по схеме общего зоотехнического анализа в лаборатории оценки качества кормов и биохимических анализов РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству» по схеме общего зоотехнического анализа.

Протекание процессов рубцового метаболизма изучали методом *in vivo* на молодняке крупного рогатого скота с хроническими фистулами рубца (Ø 2,5 см) путем отбора проб жидкой части содержимого рубца через фистулу спустя 2–2,5 часа после утреннего кормления.

Кровь для анализа, взятую спустя 3–3,5 часа после утреннего кормления, стабилизировали трилоном-Б (2,0–2,5 ед./мл) и исследовали в лаборатории оценки качества кормов и биохимических анализов РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству». Биохимические показатели крови определяли с помощью биохимического анализатора «Accent 200», гематологические – на анализаторе «URIT-3000Vet Plus».

Расщепляемость протеина белковых кормов определяли по ГОСТ 28075-89. В нейлоновые мешочки были заложены образцы концентрированных кормов. Период инкубации исследуемых концентрированных кормов в рубце составил 6 часов.

В процессе опытов изучали: поедаемость кормов; интенсивность роста и уровень среднесуточных приростов животных; эффективность использования кормов.

Статистическая обработка результатов анализа проведена с учетом критерия достоверности по Стьюденту.

Результаты исследований

Проведение исследований *in vivo* показало, что расщепляемость протеина молотого зерна вики составила 66 %, молотого зерна пелюшки – 76 %, дробленого зерна вики – 31 %, дробленого зерна пелюшки – 34 %.

Подопытные животные в составе рациона получали вволю кормосмесь, состоящую на 50 % из сенажа из злаковых многолетних культур и 50 % силоса кукурузного, а также по 1,7 килограмма комбикорма. Бычки контрольных групп дополнительно получали по 0,3 килограмма размолотого (величина частиц до 1 мм) зерна. В опытных группах животные получали дробленое (величина частиц 2–3 мм) зерно.

В результате исследований установлено незначительное увеличение потребления травяных кормов в группах, получавших дробленое зерно, на 1,9–3,8 %.

В сутки подопытный молодняк получал 5,9–6,0 кг/голову сухого вещества рациона. За счет большего потребления травяных кормов питательность рационов животных опытных групп была выше на 1,2–2,3 %, потребление сухого вещества – на 1,3–2,6 %.

За счет использования в рационах животных зерна пелюшки и вики расщепляемость протеина в рационах первой и третьей групп находилась на уровне 75–76 %, второй и четвертой групп – 70 %.

В табл. 2 представлены показатели рубцового пищеварения у подопытных животных.

Таблица 2. Состав рубцового содержимого

Показатель	Группа			
	I	II	III	IV
pH	6,80 ± 0,06	6,80 ± 0,09	6,70 ± 0,09	6,80 ± 0,12
ЛЖК ммоль/100 мл	9,60 ± 0,70	9,40 ± 0,43	10,4 ± 0,61	9,8 ± 0,23
Азот общий, мг/100 мл	116 ± 5,55	118 ± 5,13	121 ± 4,68	125 ± 6,05
Азот белковый, мг/100 мл	87,7 ± 4,24	92,9 ± 6,69	87,4 ± 4,05	93,2 ± 6,24
Азот небелковый, мг/100 мл	28,6 ± 1,31	25,1 ± 1,88	33,8 ± 1,5	31,3 ± 1,79
Аммиак, мг/100 мл	12,2 ± 0,35	10,1 ± 0,66	15,1 ± 1,03	14,6 ± 0,55

Из данных табл. 2 видно, что у бычков, потреблявших дробленое зерно, содержание летучих жирных кислот оказалось ниже на 2,1–5,8 %, чем при скармливании молотого зерна. Однако на кислотность рубцовой жидкости это не повлияло. Реакция среды рубца pH во всех группах находилась на одном уровне – 6,7–6,8 %.

Все изучаемые гематологические показатели находились в пределах физиологических норм (табл. 3).

В крови животных второй опытной группы отмечено повышение содержания эритроцитов на 4,2 %, гемоглобина – на 3,3 %, общего белка – на 2,1 % и фосфора – на 7,9 %. Уровень глюкозы, мочевины, щелочного резерва и кальция в опытных группах снизился на 2,5–4,8 %, 1,4–3,5 %, 2,8–6,4 % и 2,1–3,0 % соответственно.

Включение в рацион дробленого зерна вместо молотого оказало положительное влияние на продуктивность животных (табл. 4).

Более высокая энергия роста – 867 г и 870 г среднесуточного прироста соответственно отмечена у животных II и IV опытных групп, что на 4,6–5,4 % выше, чем в контрольных. Затраты кормов в этих группах снизились на 2,0–3,3 % и составили 6,74–6,75 корм. ед. на кг прироста. Эффективность использования протеина кормов повысилась на 2,2–2,4 %.

Таблица 3. Гематологические показатели

Показатель	Группа			
	I	II	III	IV
Эритроциты, $10^{12}/л$	$6,91 \pm 0,23$	$7,20 \pm 0,06$	$6,77 \pm 0,06$	$6,83 \pm 0,17$
Гемоглобин, г/л	$110,7 \pm 3,18$	$114,3 \pm 2,71$	$112,7 \pm 1,21$	$113,3 \pm 0,35$
Общий белок, г/л	$79,3 \pm 2,31$	$81,0 \pm 1,73$	$78,4 \pm 1,56$	$77,9 \pm 1,67$
Глюкоза, ммоль/л	$2,73 \pm 0,09$	$2,6 \pm 0,12$	$2,83 \pm 0,04$	$2,76 \pm 0,17$
Мочевина, ммоль/л	$4,87 \pm 0,09$	$4,80 \pm 0,15$	$4,89 \pm 0,11$	$4,72 \pm 0,34$
Щелочной резерв, ммоль/л	$23,7 \pm 0,64$	$23,2 \pm 1,39$	$23,5 \pm 0,29$	$22,0 \pm 0,87$
Кальций, ммоль/л	$2,88 \pm 0,04$	$2,80 \pm 0,06$	$2,98 \pm 0,01$	$2,89 \pm 0,08$
Фосфор, ммоль/л	$1,65 \pm 0,12$	$1,78 \pm 0,05$	$1,69 \pm 0,02$	$1,80 \pm 0,04$

Таблица 4. Динамика живой массы и затраты кормов

Показатель	Группа			
	I	II	III	IV
Живая масса, кг:				
в начале опыта	$186,5 \pm 1,4$	$186,6 \pm 10$	$187,2 \pm 0,70$	$184,9 \pm 0,90$
в конце опыта	$227,6 \pm 1,9$	$229,9 \pm 1,10$	$228,8 \pm 1,10$	$228,4 \pm 1,10$
Валовой прирост, кг	$41,1 \pm 0,9$	$43,3 \pm 0,70$	$41,6 \pm 0,50$	$43,5 \pm 0,40$
Среднесуточный прирост, г	$822 \pm 17,1$	$867 \pm 12,80$	$832 \pm 10,70$	$870 \pm 8,10$
% к контролю	100	105,4	100	104,6
Затраты кормов на 1 кг прироста, корм. ед.	6,88	6,74	6,98	6,75
% к контролю	100,0	98,0	100,0	96,7
Затраты протеина на 1 кг прироста, кг	0,99	0,96	0,99	0,95
% к контролю	100	96,8	100	96,6

Заключение

Переработка зерна пелюшки и вики методом дробления снижает расщепляемость протеина в рубце на 42 и 35 процентных пункта. Использование в кормлении молодняка крупного рогатого скота дроблёного зерна пелюшки и вики способствует улучшению физиологического состояния животных, на что указывает увеличение содержания в крови животных опытных групп эритроцитов, гемоглобина, общего белка и фосфора. Скармливание животным дроблёного зерна способствует повышению среднесуточного прироста живой массы на 4,6–5,4 %, при снижении затрат кормов на его получение на 2,0–3,3 %, и повышении эффективности использования протеина кормов на 2,2–2,4 %.

Список использованных источников

1. Возмитель, Л. А. Использование сенажа с консервантом при откорме крупного рогатого скота // В сборнике : Исследования молодых ученых в решении проблем животноводства. Материалы второй международной научно-практической конференции молодых ученых, преподавателей сельскохозяйственных учебных заведений и научно-исследовательских учреждений. Витебская государственная академия ветеринарной медицины. – 2002. – С. 50–51.
2. Выращивание телят с использованием местных источников белкового и энергетического сырья / Гурин В. К. [и др.] // Зоотехническая наука Беларуси. – 2013. – Т.48. – № 1. – С. 256–267.
3. Рапсовый жмых в составе комбикорма КР-1 для телят / Сапсалева Т. Л. [и др.] // В сборнике : Прогрессивные и инновационные технологии в молочном и мясном скотоводстве. Материалы Международной научно-практической конференции. – Витебск. – 2021. – С. 310–316.
4. Выращивание телят с использованием местных источников белкового и энергетического сырья / Гурин В. К. [и др.] // Зоотехническая наука Беларуси. – 2013. – Т.48. – № 1. – С. 256–267.
5. Продуктивность телят в зависимости от количества протеина в составе ЗЦМ / Радчикова Г. Н. [и др.] // В сборнике : Современные технологии сельскохозяйственного производства. Сборник научных статей по материалам XXI Международной научно-практической конференции. – 2018. – С. 204–206.

6. Обмен веществ и продуктивность телят при скормливании комбикорма КР-1 с экструдированным обогатителем / Шинкарева С. Л. [и др.] // Сборник научных трудов Северо-Кавказского научно-исследовательского института животноводства. – 2013. – Т.2. – №2. – С. 173–177.
7. Физиологическое состояние и продуктивность бычков при скормливании молотого и экструдированного зерна пелюшки / Кот А. Н. [и др.] // В сборнике : Прогрессивные и инновационные технологии в молочном и мясном скотоводстве. Материалы Международной научно-практической конференции. – Витебск. – 2021. – С. 112–119.
8. Влияние способа подготовки зерна к скормливанию на физиологическое состояние и продуктивность бычков / Кот А. Н. [и др.] // Зоотехническая наука Беларуси. – 2019. – Т.54. – №2. – С. 18–26.
9. Влияние соотношения расщепляемого и нерасщепляемого протеина в рационе на пищеварение в рубце бычков / Кот А. Н. [и др.] // В сборнике : Прогрессивные и инновационные технологии в молочном и мясном скотоводстве. Материалы Международной научно-практической конференции. Редакция : Н. И. Гавриченко (гл. ред.) [и др.]. – Витебск. – 2021. – С. 106–112.
10. Яцко Н. А., Сучкова И. В., Летунович Е. В. Качественные характеристики «защищенного» протеина рапсовых кормов и их влияние на молочную продуктивность коров // Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак почета» государственная академия ветеринарной медицины». – 2013. – Т.49. – №1–2. – С. 206–210.

Д.И. Комлач¹, Е.Л. Жилич¹, Ю.Н. Рогальская¹, В.Ф. Радчиков²,
Д.М. Богданович², А.М. Глинкова², Т.Л. Сапсалева², Г.В. Бесараб²

¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь
E-mail: npc_mol@mail.ru

²РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству»
г. Жодино, Республика Беларусь
E-mail: labkrs@mail.ru

ВЛИЯНИЕ СКАРМЛИВАНИЯ САПРОПЕЛЯ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО

Аннотация. Использование в кормлении бычков на откорме 6 % и 8 % сапропелей по массе комбикорма оказывает положительное влияние на физиологическое состояние животных, позволяет сэкономить до 8 % зерна. Включение в рацион бычков сапропеля карбонатного 6 % и кремнеземистого 8 % в составе комбикорма для бычков на откорме не оказало отрицательного влияния на качество продуктов убоя. В частности, не изменяло органолептических, физико-химических и биохимических свойств мяса. Продукты убоя безвредны для простейших организмов инфузорий тетрахимена пириформис.

Ключевые слова: корма, бычки, сапропель, продуктивность, качество мяса.

D. I. Komlach¹, E. L. Zhilich¹, Yu. N. Rogalskaya¹, V. F. Radchikov², D. M. Bogdanovich²,
A. M. Glinkova², T. L. Sapsaleva², G. V. Besarab²

¹RUE “SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization”
Minsk, Republic of Belarus,
E-mail: npc_mol@mail.ru

²RUE “SPC NAS of Belarus for Animal Husbandry”
Zhodino, Republic of Belarus,
E-mail: labkrs@mail.ru

THE EFFECT OF SAPROPEL FEEDING ON PRODUCTIVITY AND QUALITY

Abstract. The use of 6 % and 8 % sapropels by weight of compound feed in feeding bulls on fattening has a positive effect on the physiological state of animals, allows saving up to 8 % of grain. The inclusion of carbonate 6 % and silica 8 % in the diet of calves as part of compound feed for fattened calves did not have a negative impact on the quality of slaughter products. In particular, it did not change the organoleptic, physico-chemical and biochemical properties of meat. Slaughter products are harmless to the simplest organisms of tetrachymena piriformis infusoria.

Keywords: feed, bulls, sapropel, productivity, meat quality.

Введение

Сапропель – это многовековые донные отложения пресноводных водоемов, которые сформировались из отмершей водной растительности, остатков живых организмов, планктона, а также частиц почвенного перегноя.

Содержание органического вещества в сапропеле превышает 15 %. При меньшем содержании органических веществ донные отложения относят к минеральным илам [1].

Технология добычи сапропеля экологически безопасна для водоема и одновременно полезна: при добыче сапропеля водоемы омолаживаются на несколько тысяч лет, что способствует развитию как водоема, так и окружающей его среды.

Ресурсы сапропеля сконцентрированы в мире территориально неодинаково. Особенно интенсивное образование сапропелей происходит в озерах средней полосы Европы и Азии. На Американском континенте сапропелевые отложения сконцентрированы в Канаде и США

и приурочены к району Больших озер. В Западной Европе ресурсы сапропеля сильно истощены. Водоемы, содержащие сапропели, находились в Германии, Польше, странах Скандинавии и в меньшей мере – во Франции и Великобритании. Большое количество сапропелевых месторождений находится в Литве, Беларуси и Украине, а Российская Федерация, располагая запасами сапропеля более 2,6 млрд тонн, занимает одно из ведущих мест в мире [2, 3].

Все ресурсы сапропелей, состоящие из органической и минеральной частей, позволяют считать сапропелевые отложения ценными полезными ископаемыми, пригодными для использования в различных отраслях народного хозяйства: в сельском хозяйстве в качестве удобрений и минерально-витаминной подкормки животных и птиц, в медицине в качестве лечебных грязей и т.п.

В настоящее время наряду с недостатком в рационах энергии, протеина, сахара и других элементов питания остро ощущается дефицит биологически активных веществ. За счет кормов растительного и животного происхождения удовлетворить потребность животных в этих элементах не всегда возможно. Поэтому изыскание и вовлечение в практику кормления сельскохозяйственных животных дополнительных источников минерального и витаминного сырья представляет большой научный и практический интерес [4].

Одним из местных природных источников минерального и витаминного сырья может быть озерный сапропель, запасы которого в Беларуси по данным ГНУ «Институт природопользования НАН Беларуси» составляют 3,73 млрд м³.

Все сапропели, находящиеся на территории Республики Беларусь, делятся на 4 типа: органические, кремнеземистые, карбонатные и смешанные. Для органических сапропелей верхний предел зольности принят равным 30 %.

К настоящему времени накоплен определенный материал о применении сапропеля в качестве кормовой добавки для всех видов сельскохозяйственных животных. Основная цель его использования заключается в покрытии потребности животных в недостающих минеральных элементах и биологически активных веществах. Сапропель как подкормка для животных изучена еще незначительно [5].

Основная часть

Цель исследований – изучить эффективность использования сапропелей озера Прибыловичи в рационах крупного рогатого скота и определить их влияние на физико-химические и органолептические показатели мяса.

Научно-хозяйственный опыт проведен на трех группах бычков средней живой массой 236,0–241,6 кг по 15 голов в каждой. Продолжительность исследований составила три месяца (табл. 1).

Таблица 1. Схема опыта

Группа	Кол-во животных	Живая масса в начале опыта, кг	Продолжительность опыта, дней	Особенности
I контрольная	15	241,6	90	Силос кукурузный, сенаж разнотравный + комбикорм (ОР)
II опытная	15	236,0	90	ОР + комбикорм с включением 6 % карбонатного сапропеля
III опытная	15	238,0	90	ОР + комбикорм с включением 8 % кремнеземистого сапропеля

Условия содержания контрольных и опытных групп были одинаковыми: кормление двукратное, поение из автопоилок. Все исследования проводились в летний период.

В процессе проведения исследований изучали следующие показатели:

- общий зоотехнический анализ кормов – по общепринятым методикам;
- поедаемость кормов – проведением контрольных кормлений 1 раз в 10 дней 2 смежных дня;
- интенсивность роста и уровень среднесуточных приростов – путем индивидуального взвешивания животных при постановке и снятии с опыта, а также в период проведения опыта, ежемесячно.

Для контроля за физиологическим состоянием животных проведен анализ биохимического состава крови.

Изучение органолептических показателей мяса бычков проводили по ГОСТ 7269-2015 «Мясо. Методы отбора образцов и органолептические методы определения свежести». Работа выполнялась в лаборатории экологии и ветсанитарии РУП «Институт экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Вышелесского». Всего исследовано 9 образцов по 3 образца мяса от каждой группы. 1 группа – контрольная; 2 группа – мясо бычков, получавших 6 % карбонатного сапропеля; 3 группа – мясо бычков, получавших 8 % кремнеземистого сапропеля.

Качество говядины изучали согласно ГОСТ 23392-2016 «Мясо. Методы химического и микроскопического анализа свежести» и «Правилам ветеринарного осмотра убойных животных и ветеринарно-санитарной экспертизы мяса и мясных продуктов». В мясе определяли активность фермента пероксидазы бензидиновой пробой, содержание полипептидов и других продуктов распада белков – реакцией с сернокислой медью, концентрацию водородных ионов (рН) – иономером, количество аминокислотного азота и летучих жирных кислот – методом титрования.

Бактериологические исследования глубоких слоев мышц проводили по ГОСТ 21237-75 «Мясо. Методы бактериологического анализа». Определяли общую микробную обсемененность проб мяса от животных контрольной и опытной групп, патогенные свойства выделенных культур микроорганизмов исследовали на белых мышах путем биопробы.

Биологическую ценность и безвредность мяса бычков, находившихся в опыте, исследовали согласно «Методическим указаниям по токсико-биологической оценке мяса, мясных продуктов с использованием инфузорий тетрахимена-пириформис» (утв. ГУВ МСХПРБ, 1997 г).

При изучении безвредности учитывали изменения морфологической структуры простейших, характер их движения и наличие мертвых форм через 1, 2, 4, 8 и 24 часа инкубации. Хроническую безвредность определяли по тем же показателям с учетом роста и развития через 96 часов культивирования тест-организмов.

Результаты исследований

Исследованиями установлено, что рацион бычков контрольной группы состоял из кукурузного силоса, сенажа разнотравного и комбикорма. Отличия в кормлении животных II и III опытных групп состояли в том, что в составе комбикорма они получали 6 % и 8 % по массе сапропеля карбонатного и кремнеземистого взамен зерновой группы соответственно (табл. 2).

Таблица 2. Среднесуточный рацион подопытных бычков (по фактически съеденным кормам)

Корм	Группа		
	I	II	III
Комбикорм, кг	2,5	2,5	2,5
Сенаж разнотравный, кг	9,0	8,5	8,0
Силос кукурузный, кг	10,0	9,0	11,0
В рационе содержится:			
кормовых единиц	7,49	7,41	7,5
обменной энергии, МДж	67,4	66,9	65,3
сухого вещества, кг	7,75	7,92	7,81
сырого протеина, г	972	975	979
переваримого протеина, г	631	634	633
расщепляемого протеина, г	710	741	724
нерасщепляемого протеина, г	262	234	255
БАР, г/кг СВ рациона	0,45	0,92	1,10
жира, г	290	293	275
клетчатки, г	1623	1627	1630
сахара, г	570	568	571
кальция, г	40,5	40,0	41,3
фосфора, г	22,5	23,0	22,2

Питательность рационов подопытных бычков соответствовала 7,41–7,5 корм. ед. Концентрация обменной энергии в сухом веществе составила в контрольной группе 8,69, а в опытных (II и III) – 8,44 и 8,36 соответственно. В рационе на 1 кормовую единицу приходилось 84,2 г переваримого протеина, а в опытных (II и III) 85,5 и 84,4 соответственно. Скармливаемые рационы по содержанию расщепляемого и нерасщепляемого протеина значительных различий не имели. Так, расщепляемость протеина в рубце контрольных животных соответствовала 73 %, а самый больший ее показатель – 76 % отмечен во II опытной группе, получавшей комбикорм с 6 % карбонатного сапропеля. Концентрация обменной энергии в сухом веществе и разность в расщепляемости протеина оказали существенное влияние на баланс азота в рубце. В контрольной группе этот показатель соответствовал 0,45 г на 1 кг сухого вещества рациона, во II опытной он оказался в 2 раза и в III – в 2,4 раза выше.

В результате проведенных исследований установлено, что все изучаемые показатели крови находились в пределах физиологических норм с недостоверными колебаниями в ту или иную сторону (табл. 3).

Таблица 3. Гематологические показатели подопытных бычков

Показатель	Группа		
	I	II	III
Гемоглобин, г/л	120	119	123
Эритроциты, $10^{12}/л$	5,5	6,59	5,24
Лейкоциты, $10^9/л$	11,9	16,0	11,6
Резервная щелочность, мг%	466	466	440
Мочевина, ммоль/л	3,56	2,73	2,97
Общий белок, г/л	73,5	78,7	81,3
Глобулины, г/л	39,6	42,8	46,6
Альбумины, г/л	33,9	35,9	34,6
Глюкоза, ммоль/л	3,36	3,36	3,13
Холестерин, ммоль/л	2,0	2,3	2,3
Кальций, ммоль/л	1,81	1,91	1,84
Фосфор, ммоль/л	2,04	2,10	2,05
Каротин, мкмоль/л	1,59	1,56	1,59
Витамин А, мкмоль/л	0,45	0,42	0,39

Результаты исследований показали, что в крови подопытных бычков при скармливании в составе рациона комбикорма-концентрата с 8 % кремнеземистого сапропеля происходит насыщение ее гемоглобином до 120 г/л, что выше контроля на 2,5 %.

Скармливание в рационе в составе комбикорма 6 % карбонатного сапропеля способствовало увеличению концентрации эритроцитов на 19,8 % по отношению к контролю и на 25,8 % по отношению к III опытной.

В ходе исследований установлено, что с включением в состав рационов сапропелей прослеживается рост содержания общего белка во II опытной группе на 7,1 %, III опытной – на 10,6 %.

Известно, что при более высокой продуктивности у животных кровь более насыщена белками и особенно альбуминами.

Как показывают результаты исследований, разница между группами была незначительной и варьировала в пределах от 33,9 г/л альбумина в контрольной до 35,9 г/л во II опытной, показатель III опытной группы занимал промежуточное положение.

По содержанию глобулиновой фракции установлены более значительные различия. Так, если в контроле было 39,6 г/л, то во II опытной этот показатель повысился на 8,1 %, в III опытной – на 10,6 %.

ной – 17,7 %. Концентрация мочевины между группами варьировала в пределах от 3,56 ммоль/л в контрольной до 2,3 ммоль/л во II опытной группах.

Наиболее высокая концентрация холестерина отмечена во II и III опытных группах бычков, получавших в составе рациона сапропели, она составила 2,3 ммоль/л, или выше контрольного показателя на 15 % (норма содержания 1,3–4,42 ммоль/л).

При скормливании в рационах карбонатного сапропеля концентрация кальция возросла до 2,1 ммоль/л, или на 2,9 %, кремнеземистый сапропель в кормлении по эффективности обмена фосфора оказался ниже, чем карбонатный, увеличение составило по сравнению с контролем всего на 0,5 %.

Во время роста животных и при высокой продуктивности потребность в кальции увеличивается. По концентрации кальция в крови бычков отмечена та же тенденция, что и по фосфору: во II опытной группе на 5,5 %, а в III – на 1,7 %

Учет продуктивности показал, что среднесуточный прирост живой массы у бычков контрольной группы составил 879 г, а при скормливании в составе комбикорма 6 % карбонатного (II группа) и 8 % кремнеземистого сапропеля (III группа) прирост повысился соответственно на 4,6 и 4,8 п.п. (табл. 4).

Таблица 4. Динамика живой массы и продуктивность подопытных животных

Показатель	Группа		
	I	II	III
Живая масса, кг:			
в начале опыта	241,6	236,0	238,0
в конце опыта	320,7	318,9	320,9
Валовый прирост, кг	79,1	82,9	82,9
Среднесуточный прирост, г	879	920	921
В % к контролю	100,0	104,6	104,8

Образцы представленных мышц на разрезе были слегка влажные, не липкие, светло-красного цвета; после надавливания на мясо ямка быстро выравнивалась, что свидетельствовало о его упругой консистенции. Запах поверхностного слоя образцов мяса опытной и контрольной групп специфический для данного вида животных (крупный рогатый скот), характерный для свежего мяса.

Проба варкой показала, что бульон как в опытной, так и в контрольной группах прозрачный, ароматный, на поверхности бульона жир собирался в виде крупных капель.

При микроскопии мазков-отпечатков в поле зрения были обнаружены единичные кокки, палочковидных форм микроорганизмов и следов распада мышечной ткани не выявлено.

При бактериологическом анализе мышц всех групп бычков обсеменения их патогенной или условно патогенной микрофлорой не установили. Физико-химические показатели мяса отражены в табл. 5.

Как видно из данных таблицы, достоверных различий в физико-химических показателях мяса как опытных, так и контрольных групп не установлено. Концентрация водородных ионов находилась в допустимых пределах для созревшего свежего мяса, что способствовало хорошему санитарному его состоянию. При хранении в течение 10 суток мясо как контрольной, так и опытных групп хорошо сохранялось, наблюдалась выраженная корочка подсыхания.

При изучении безвредности образцов мяса бычков опытных и контрольных групп на тест-организмах инфузориях тетрахимена пириформис отклонений в морфологической структуре, характере движения, росте и развитии простейших не наблюдалось.

Средние данные по относительной биологической ценности опытных образцов мяса превышали таковые контрольных образцов соответственно: II опытная группа – на 6,5 п.п., III опытная группа – на 7,3 п.п. (табл. 6).

Таблица 5. Микробиологические и физико-химические показатели мяса бычков

Показатель	Время при 2 °С, ч	I контрольная	II опытная	III опытная
Аминоаммиачный азот, мг КОН	24	1,15 ± 0,02	1,08 ± 0,04	1,12 ± 0,20
	240	1,20 ± 0,02	1,12 ± 0,03	1,19 ± 0,05
Бактериоскопия мазков-отпечатков	24	В мясе животных всех групп выявили единичные кокки		
РН	24	5,63 ± 0,06	5,53 ± 0,04	5,55 ± 0,08
	240	6,10 ± 0,04	6,02 ± 0,02	6,09 ± 0,02
Реакция с 5 %-ным раствором сернокислой меди в бульоне	24	3 –	3 –	3 –
	240	3 –	3 –	3 –
Реакция на пероксидазу	24	3 +	3 +	3 +
	240	3 +	3 +	3 +
Летучие жирные кислоты, мг КОН	24	3,69 ± 0,12	3,54 ± 0,12	3,58 ± 0,28

Примечание: (–) – реакция отрицательная; (+) – реакция положительная

Таблица 6. Относительная биологическая ценность мяса

Вид пробы	Группа	Среднее по двум опытам	
		среднее количество тест-организмов	% к контролю
мясо	I	233	100,0
	II	248	106,5
	III	250	107,3

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что по физико-химическим и бактериологическим показателям мясо бычков, находившихся в опыте, соответствовало доброкачественным продуктам.

Относительная биологическая ценность мяса опытных животных находилась в диапазоне достоверных колебаний относительно контроля, продукты являются безвредными для тест-организмов инфузорий тетрахимена пириформис. Отклонений в морфологической структуре, характере движения, росте и развитии простейших не наблюдалось.

Заключение

Использование в кормлении бычков на откорме 6 % и 8 % по массе в составе комбикорма сапропелей озера Прибыловичи оказывает положительное влияние на физиологическое состояние животных, позволяет сэкономить до 8 % зерна. Включение карбонатного 6 % и кремнеземистого 8 % сапропеля в составе комбикорма для бычков на откорме не оказало отрицательного влияния на качество продуктов убоя. В частности, не изменяло органолептических, физико-химических и биохимических свойств мяса. Продукты убоя безвредны для простейших организмов инфузорий тетрахимена пириформис.

Список использованных источников

1. Конверсия энергии рационов в продукцию при использовании бычкам сапропеля / В. К. Гурин [и др.] // Конкурентоспособность и качество животноводческой продукции : Сборник трудов международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию зоотехнической науки Беларуси (Жодино, 18–19 сентября 2014 г.) / Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству». – Жодино. – 2014. – С. 178–180.

2. Местные источники питательных и биологически активных веществ в рационах ремонтных телок / В. К. Гурин [и др.] // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства : Сборник научных трудов / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Главное управление образования, науки и кадров, Учреждение образования «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия». – Горки. – 2014. – Вып. 17. – Ч.1. – С.10–18.

3. Сбалансированное кормление – основа высокой продуктивности животных / В. И. Передня [и др.] // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве : Материалы Международной научно-технической конференции (Минск, 10–11 октября 2012 г.) : в 3 т. / Национальная академия наук Беларуси, Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск. – 2012. – Т.2. – С. 104–111.

4. Трансформация энергии рационов бычками в продукцию при использовании сапропеля / В. Ф. Радчиков [и др.] // Зоотехническая наука Беларуси : Сборник научных трудов / Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству». – Жодино. – 2014. – С.148–158.

5. Цай, В. П. Обезвоженные сапропели в составе комбикормов при откорме бычков / В. П. Цай // Биологические и технологические аспекты производства и переработки продукции животноводства в контексте евроинтеграции : Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию Подольского аграрно-технического университета (21–23 мая 2009 г.). – Каменец-Подольский. – 2009. – С. 171–172.

**Д.И. Комлач¹, Е.Л. Жилич¹, Ю.Н. Рогальская¹, Т.Л. Сапсалева², В.Ф. Радчиков²,
А.М. Глинкова², Г.В. Бесараб²**

¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь
E-mail: npc_mol@mail.ru

²РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству»
г. Жодино, Республика Беларусь
E-mail: labkrs@mail.ru

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК ПРИ ОТКОРМЕ БЫЧКОВ НА БАРДЕ

Аннотация. Включение в рационы бычков минерально-витаминной добавки на основе местных источников минерального сырья (поваренная соль, доломит, фосфогипс, сапропели) для рационов с бардой способствует лучшей обеспеченности животных минеральными веществами, что приводит к повышению активности ферментативных процессов в рубце, снижаются затраты кормов на получение продукции на 8 %.

Ключевые слова: корма, барда, минеральные вещества, фосфогипс, доломит, сапропель, энергия, продуктивность.

**D. I. Komlach¹, E. L. Zhilich¹, Yu. N. Rogalskaya¹, T. L. Sapsaleva², V. F. Radchikov²,
A. M. Glinkova², G. V. Besarab²**

¹RUE "SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization"
Minsk, Republic of Belarus,
E-mail: npc_mol@mail.ru

²RUE "SPC NAS of Belarus for Animal Husbandry"
Zhodino, Republic of Belarus,
E-mail: labkrs@mail.ru

THE EFFECTIVENESS OF VARIOUS MINERAL ADDITIVES IN FATTENING STEERS ON THE BARD

Abstract. The inclusion in the diets of bulls of mineral and vitamin supplements based on local sources of mineral raw materials (table salt, dolomite, phosphogypsum, sapropels) for diets with barda contributes to a better provision of animals with mineral substances, which leads to an increase in the activity of enzymatic processes in the rumen, feed costs for obtaining products are reduced by 8 %.

Keywords: feed, bard, minerals, phosphogypsum, dolomite, sapropel, energy, productivity.

Введение

Большое влияние на превращение энергии корма в животноводческую продукцию оказывает уровень кормления, структура рациона, концентрация энергии в единице сухого вещества, а также сбалансированность рациона по минимальным элементам питания и биологически активным веществам [1, 2].

В результате сбраживания углеводов в рубце жвачных образуются летучие жирные кислоты (ЛЖК), которые являются для них источником энергии. Поэтому количество ЛЖК в рубце имеет большое значение для оценки того или иного рациона. Интенсивность ферментативных процессов в преджелудках жвачных оказывает существенное влияние на синтез микробиального белка, который может восполнять до 30 % суточной потребности в рационе жвачных [3].

На обеспечение животного энергией и протеином большое влияние оказывает уровень и направление ферментативных процессов в рубце. Микробиологические процессы в преджелудках жвачных, как правило, всегда протекают более активно при скармливании сбалансированного рациона не только по энергии, протеину, углеводам, но обязательным условием является посту-

пление с кормом достаточного количества и в определенном соответствии минеральных элементов. Особенно чувствительны микроорганизмы к недостатку в кормах кальция, фосфора, натрия, калия, серы, магния, меди, кобальта и др. [4, 5].

Ежегодно на корм скоту в республике Беларусь выделяется около 1,5 млн тонн барды. Использование ее в рационах молодняка крупного рогатого скота сопровождается повышенным поступлением и выведением из организма воды. Вместе с водой уходит большое количество минеральных веществ, в результате чего потребность в этих элементах у животных возрастает [5].

Для использования кормовой добавки необходимы исследования с учетом живой массы и продуктивности молодняка крупного рогатого скота, что стало целью исследования – изучить эффективность использования энергии корма бычками при использовании обогащенной барды.

Основная часть

Цель работы – разработать минерально-витаминную добавку для рационов с бардой и изучить эффективность использования энергии корма при включении добавки в рационы бычков.

Исследования проведены на 2-х группах бычков черно-пестрой породы по 20 голов в каждой в течение 120 дней (табл. 1).

Таблица 1. Схема опытов

№ опыта	Группа	Кол-во животных в группе, гол.	Продолжительность опыта, дней	Особенности кормления
Научно-хозяйственный опыт				
1	I контрольная	20	120	Основной рацион (барда 30 %, силос, солома, зернофураж, патока) + мел + NaCl
	II опытная	20	120	ОР + минерально-витаминная добавка (МВД)
Физиологический опыт				
2	I контрольная	6	30	По схеме научно-хозяйственного опыта

Различия в кормлении заключались в том, что животные контрольной группы в качестве минеральной подкормки получали по 50 г поваренной соли и по 70 г мела кормового, а в рацион животных опытной группы включали в зернофураж 4 % по массе МВД и 100 г на голову в сутки ее скармливали из кормушек при свободном доступе.

В процессе проведения исследований учитывали следующие показатели:

- сахаро-протеиновое соотношение в рационах – путем отношения содержания сахара в рационе (г) к переваримому протеину (г);
- соотношение кислотных и щелочных элементов – по формуле:
- валовую, переваримую, обменную энергию в рационах – путем сжигания кормов, кала и мочи в калориметрической бомбе;
- теплопродукцию – расчетным методом;
- энергию отложения – по разнице между обменной энергией и теплопродукцией.

Результаты исследований

Исследованиями установлено, что при барданом откорме молодняка крупного рогатого скота дефицит кальция составляет 20–28 %, магния – 18–35, натрия – 36–50, серы – 17–25, меди – 46–58, цинка – 32–43 и витамина Д – 80–95 % от детализированных норм.

Разработанная минерально-витаминная добавка покрывает выявленный дефицит минеральных элементов и витаминов в рационах для откорма скота с бардой (табл. 2).

Особенностью разработанной минерально-витаминной добавки на основе местных источников минерального сырья является то, что в состав ее включен доломит в количестве 50 % по массе, что позволило в рационе бычков II опытной группы увеличить содержание магния на 23 % относительно детализированных норм.

Таблица 2. Состав минерально-витаминной добавки, %

Компоненты	% ввода	Элементы	В 100 г добавки содержится
Соль поваренная	13	Кальция, г	21
Доломитовая мука	50	Фосфора, г	0,2
Фосфогипс	15	Магния, г	7
Сапропель	20	Натрия, г	6
Премикс	2	Серы, г	3,4
		Меди, мг	22
		Цинка, мг	102
		Кобальта, мг	2
		Йода, мг	0,3
		Селена, мг	0,3
		Витамина А, тыс. МЕ	12
		Витамина D, тыс. МЕ	2

В составе суточных рационов молодняк обеих групп потреблял 8,4 к. ед., 12–12,2 кг сухих веществ, 89–91 МДж обменной энергии. В то же время установлено увеличение в потреблении минеральных элементов в контрольной и опытной группах бычков, они составили: кальция с 70 г до 75 г, фосфора с 25 до 28, магния с 13 до 27, серы с 16 до 20 г, меди с 51 мг до 83 мг, цинка с 315 до 440, кобальта с 2,3 до 4,4, йода с 3,7 до 4,2 мг. Такие различия обусловлены включением в рационы разных минеральных добавок. Отмечено повышенное поступление в организм молодняка II опытной группы магния на 23 % по сравнению с нормами.

Изучение процессов рубцового пищеварения показало, что скормливание МВД способствовало лучшей обеспеченности животных опытной группы элементами минерального питания, в результате чего повышалась активность ферментативных процессов в рубце. В рубцовой жидкости бычков опытной группы содержалось 10,5 ммоль/100 мл ЛЖК, что на 5,3 % превышало их уровень в контроле при снижении концентрации рН на 4,8 %. Увеличение количества инфузорий в рубце опытных бычков способствовало лучшему усвоению аммиака, и его концентрация снижалась ($P < 0,05$). Это сопровождалось увеличением общего азота в рубцовой жидкости на 7,2 %, белкового – на 4,2 % ($P < 0,05$).

Повышение уровня магния в рационах бычков опытной группы способствовало лучшей переваримости питательных веществ на 2–4 %, а межгрупповые различия по сухому и органическому веществу у бычков II группы были достоверными.

Изучение обмена и использование энергии корма (табл. 3) показало, что рационы по содержанию валовой энергии были практически одинаковыми у бычков контрольной (199,8 МДж) и опытной (203 МДж) групп. В то же время потери энергии в кале у животных опытной группы оказались значительно ниже, чем в контрольной и составили 31,2 %, в то время как в контрольной 37,8 %. В результате переваримая энергия у бычков контрольной группы составила 66,3 %, в опытной – 68,8 % ($P > 0,05$).

Таблица 3. Обмен и использование энергии (МДж в сутки на голову)

Показатель	Группа	
	I	II
Валовая энергия рациона	199,80	203,00
Потери энергии с калом	75,65	63,34
Переваримая энергия	132,46	139,66
Потери энергии с мочой и метаном	20,92	24,24
Обменная энергия	111,54	115,42
Энергия теплопродукции	97,91	99,88
Энергия отложения	13,63	15,54

Полученные данные свидетельствуют о том, что включение в рационы с бардой минерально-витаминной добавки способствовало активизации микробиологических процессов в рубце, что положительно сказалось на переваримости питательных веществ рационов. Это положение подтверждается и данными, полученными при исследовании рубцовой жидкости. В ней больше содержалось ЛЖК, выше было количество инфузорий, меньше аммиака и больше белка.

Потери энергии с мочой и метаном оказались примерно одинаковыми у бычков контрольной и опытной групп и составили 15,8 и 17,3 % ($P < 0,05$). Общие потери энергии у животных контрольной группы составили 96,54 МДж или 48,3 %, у животных опытной группы этот показатель был равен 87,58 МДж или 43 %.

В результате неодинаковых потерь энергии в кале, моче и метане у бычков опытной группы несколько выше оказалось ее усвоение. Так, обменная энергия у животных контрольной группы составила 111,54 МДж или 55,8 % от валовой, у бычков опытной группы – 115,42 МДж или 56,8 %.

В табл. 4 представлены данные по использованию обменной энергии на прирост живой массы.

Таблица 4. Использование обменной энергии на прирост живой массы

Группа	Среднесуточный прирост, г	Энергия отложения, %			Удержано на 100 кг живой массы, МДж
		к валовой	к переваримой	к обменной	
I	850	6,75	10,18	12,10	4,57
II	927	7,65	1,13	13,46	5,01

Бычки опытной группы в среднем на 9,6–13 % лучше использовали обменную энергию на продукцию. У животных контрольной группы на 100 кг живой массы было отложено в приросте 4,75 МДж, у бычков, получавших минерально-витаминную добавку, этот показатель был равен 5,01 МДж, что на 9,6 % ($P < 0,05$) выше.

Установленные различия в потреблении и использовании питательных и минеральных веществ, а также энергии корма оказали положительное влияние на динамику живой массы и среднесуточный прирост бычков (табл. 5).

Полученные данные показывают, что скормливание минерально-витаминной добавки при откорме бычков на рационе с бардой оказало положительное влияние на продуктивность животных. У бычков опытной группы среднесуточный прирост живой массы составил 927 г и достоверно увеличился по сравнению с контрольными животными на 9,0 %.

Таблица 5. Изменение живой массы и среднесуточные приросты

Показатель	Группа	
	I	II
Живая масса, кг:		
в начале опыта	334	334
в конце опыта	436	445
Валовый прирост, кг	102	111
Среднесуточный прирост, г	850	927
В % к контролю	100	109

Скормливание бычкам на откорме в составе рациона 30 % по питательности барды в сочетании с минерально-витаминной добавкой обеспечивало снижение затрат кормов на получение прироста живой массы на 8,1 %, в том числе концентратов на 12 % по сравнению с аналогичными рационами контрольных животных. Экономическая эффективность в расчете на 1 голову за опытный период повысилась на 10 %.

Заключение

Использование в кормлении бычков минерально-витаминной добавки на основе местных источников минерального сырья (поваренная соль, доломит, фосфогипс, сапропель) для рационов с бардой способствует лучшей обеспеченности животных минеральными веществами, что приводит к повышению активности ферментативных процессов в рубце, в результате чего увеличивается концентрация ЛЖК на 5,3 %, улучшается усвоение аммиака и повышается содержание общего и белкового азота в содержимом рубца на 4,2–7,2 % ($P < 0,05$), что обеспечивает увеличение продуктивности бычков на 9 %, снижение затрат кормов на получение продукции на 8 %, в том числе концентратов на 12 % и повышение прибыли за счет дополнительного прироста на 10 %.

Список использованных источников

1. Лапшин, С.А. Новое в минеральном питании с-х животных. / С.А. Лапшин, Б.Д. Кальницкий, В.А. Кокорев, А.Ф. Крисанов. – М. : Россельхозиздат. – 1988. – 207 с.
2. Олейник, С. А. Инновационная технология производства говядины // Сб. научн. статей 76-й регион. научн.-практич. конф. // Аграрная наука – Северо-Кавказскому фед. округу. – С.240–245.
3. Олейник С. А., Перваков Н. А. Направления интенсификации производства говядины на Ставрополье // Сб. научн. статей 76-й регион. научн.-практич. конф. // Аграрная наука – Северо-Кавказскому фед. округу. – С. 244–251.
4. Пентилюк, С. И. Комплексное применение препаратов биологически активных веществ в кормлении свиней / С. И. Пентилюк, В. Ф. Радчиков, Р. С. Пентилюк // Аграрная наука – сельскому хозяйству : Сборник статей: в 3 кн. / V Международная научно-практическая конференция (17–18 марта 2010 г.). – Барнаул : Изд-во АГАУ. – 2010. – С. 177–179.
5. Драганов, Н. Ф. Откорм сельскохозяйственных животных на барде и пивной дробине. М. – 1988. – 43 с.

**А.Н. Кот¹, В.Ф. Радчиков¹, В.П. Цай¹, Т.Л. Сапсалева¹, Г.В. Бесараб¹,
Е.Л. Жилич², Ю.Н. Рогальская²**

¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству»

г. Жодино, Республика Беларусь

E-mail: labkrs@mail.ru

²РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: npc_mol@mail.ru

ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ПРОДУКТИВНОСТЬ БЫЧКОВ ПРИ БАЛАНСИРОВАНИИ РАЦИОНОВ НОВЫМИ КОРМОВЫМИ ДОБАВКАМИ

Аннотация. Разработаны и научно обоснованы кормовые добавки, состоящие из рапса, люпина, вики и минерально-витаминного премикса, оказывающие положительное влияние на физиологическое состояние и продуктивность бычков.

Ключевые слова: бычки, рационы, балансирование, кормовые добавки, продуктивность, эффективность.

A. N. Kot¹, V. F. Radchikov¹, V. P. Tsay¹, T. L. Sapsaleva¹, G. V. Besarab¹, E. L. Zhilich², Yu. N. Rogalskaya²

¹ RUE "SPC NAS of Belarus for Animal Husbandry"

Zhodino, Republic of Belarus,

E-mail: labkrs@mail.ru

² RUE "SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization"

Minsk, Republic of Belarus,

E-mail: npc_mol@mail.ru

METABOLISM AND PRODUCTIVITY OF BULLS WHEN BALANCING DIETS WITH NEW FEED ADDITIVES

Abstract. Feed additives consisting of rapeseed, lupine, vetch and mineral-vitamin premix have been developed and scientifically substantiated, which have a positive effect on the physiological state and productivity of bulls.

Keywords: bulls, rations, balancing, feed additives, productivity, efficiency.

Введение

Кормление животных требует наибольших затрат и, вместе с тем, здесь имеются наибольшие резервы для снижения себестоимости животноводческой продукции [1–3].

Одним из основных условий повышения продуктивности животных и эффективности использования кормов является повышение степени переваривания и усвоения питательных веществ рациона, что обуславливается его химическим составом, уровнем и характером процессов питания, переваривающей способностью желудочно-кишечного тракта, обменом веществ и энергии. Уровнем содержания переваримых органических веществ определяется энергетическая ценность кормовых средств и рационов. Чем выше переваримость протеина, жира и углеводов корма, тем выше содержание в нем обменной и продуктивной энергии [4–6].

Для того чтобы осознанно и грамотно принимать решения при конструировании кормовых рационов, выбирать наиболее эффективные сочетания из имеющихся кормовых средств, необходимо четко представлять физиологические процессы, обеспечивающие максимальную переваримость и использование питательных веществ кормов. Без глубоких знаний невозможно вести разработку оптимальных с зоотехнической и экономической точек зрения рационов [7–9].

Питание – динамичный и сложный процесс взаимодействий между организмом животного и поступающими в него питательными веществами. При этом они воздействуют на организм

животного не изолированно друг от друга, а в комплексе. Сбалансированность этого комплекса в соответствии с потребностями животных является мерилom полноценности рациона.

Для восполнения дефицита протеина, углеводов, минеральных веществ и витаминов в рационах выращиваемого молодняка крупного рогатого скота широко используются различные кормовые добавки.

В Республике Беларусь возделываются новые сорта гороха, вики, рапса, люпина с пониженным количеством антипитательных веществ, что позволяет производить безвредные кормовые добавки, балансирующие рационы по энергии и протеину. Использование витаминизированной по рецептуре, разработанной сотрудниками научно-практического центра по животноводству на основе соли, фосфата, сапропеля, фосфогипса, премикса, позволяет балансировать рационы по минеральным и биологически активным веществам.

Основная часть

Цель работы – изучить физиологическое состояние и продуктивность молодняка крупного рогатого скота при использовании в кормлении зерна новых сортов крестоцветных и бобовых культур.

Научно-хозяйственный опыт проведен на 3-х группах бычков живой массой 177–181 кг в зимний период и 214–218 кг в летний. Для научно-хозяйственного опыта использовали молодняк крупного рогатого скота в возрасте 6–12 месяцев (табл. 1).

Таблица 1. Схема научно-хозяйственного опыта

Группа	Количество животных в группе, гол.	Возраст, месяцев	Особенности кормления
Зимний период			
I контрольная	40	6–9	Основной рацион (ОР) – кукурузный силос + патока + комбикорм с включением подсолнечного шрота в количестве 10 % по массе
II опытная	40	6–9	ОР + комбикорм с включением КД1 в количестве 20 % по массе
III опытная	40	6–9	ОР + комбикорм с включением КД1 в количестве 25 % по массе
Летний период			
I контрольная	40	9–12	Основной рацион (ОР) – зеленая масса из злаково-бобовой смеси + комбикорм с включением подсолнечного шрота в количестве 8 % по массе
II опытная	40	9–12	ОР + комбикорм с включением КД2 в количестве 20 % по массе
III опытная	40	9–12	ОР + комбикорм с включением КД2 в количестве 25 % по массе

В зимний период молодняк контрольной группы получал кукурузный силос, патоку и комбикорм КР-3 с включением 10 % подсолнечного шрота, а животные II и III опытных групп получали кормовую добавку (КД1) в количестве 20 % и 25 % по массе соответственно с полной заменой подсолнечного шрота соответственно.

В летний период в состав рациона молодняку контрольной группы вводили зеленую массу из злаково-бобовой смеси и комбикорм КР-3. Животные II и III опытных групп в составе комбикорма получали кормовую добавку (КД2) на основе люпина, вики, рапса и витаминно-минерального премикса (витаминизированная) в количестве 20 % и 25 % по массе соответственно.

Продолжительность исследований в зимне-стойловый период составила 86 дней и в летний – 92 дня. Содержание животных клеточное, на бетонных полах. В качестве подстилочного материала использовали измельченную солому.

В состав кормовых добавок (КД) в научно-хозяйственном опыте вводили зерно люпина сорта Миртан, рапса озимого – Лидер, ярового – Водолей, вики яровой – Натали.

Зерно люпина, рапса, вики подвергали экструзии с целью снижения расщепляемости протеина в рубце. С учетом расщепляемости каждого белкового компонента осуществлялась разработка состава кормовых добавок.

Физиологические и научно-хозяйственные опыты проведены по методике А.И. Овсянникова [10].

Цифровой материал проведенных исследований обработан методом вариационной статистики на персональном компьютере с использованием пакета анализа табличного процессора Microsoft Office Excel 2007. Статистическая обработка результатов анализа была проведена с учетом критерия достоверности по Стьюденту [11].

Результаты исследований

С учетом дефицита протеина, минеральных и биологически активных веществ в рационах бычков в возрасте 6–9 месяцев в зимне-стойловый период содержания разработан состав и приготовлена опытная партия кормовой добавки (КД). Данной добавкой обогащали зернофураж. В состав КД1 входили, %: рапс – 24, люпин – 36, вика – 15 и минерально-витаминная добавка витаминд – 25.

В 1 кг КД1 содержалось: 0,96 кг кормовых единиц, 9,9 МДж обменной энергии, 0,7 кг сухого вещества, 223 г сырого протеина, 124 г жира, 50,3 г сахара, 42,5 г кальция, 42,4 г фосфора. В летний период содержания бычков использовалась добавка КД2, показатели которой были следующими: 0,99 кормовых единиц, 10,2 МДж обменной энергии, 0,7 кг сухого вещества, 211 г сырого протеина, 138 г жира, 52,5 г сахара, 42,4 г кальция, 42,4 г фосфора. Добавку КД1 вводили в состав комбикормов КР-3 в количестве 20 % и 25 % по массе соответственно бычкам II и III опытных групп в зимне-стойловый период содержания. Кормовую добавку (КД2) включали в состав комбикормов КР-3 в количестве 20 % и 25 % по массе молодняку крупного рогатого скота II и III опытных групп в летне-пастбищный период содержания. Различия между КД1 и КД2 заключались в разном уровне ввода в состав их зерна рапса, люпина и вики.

В контрольной группе использовали комбикорм КР-3, включающий: зернофураж, подсолнечный шрот, дефека́т, соль и премикс ПКР-2.

В 1 кг комбикорма, использованного в кормлении бычков II и III опытных групп в зимне-стойловый период, содержалось 1,11–1,12 кг кормовых единиц, 10,1–10,3 МДж обменной энергии, 0,8 кг сухого вещества, 138,9–139,9 г сырого протеина, 41,8–50,4 г жира, 15,2–18,2 г сахара, 10,2–12,2 г кальция, 5,7–6,3 г фосфора.

В комбикормах, скармливаемых крупному рогатому скоту II и III опытных групп в летне-пастбищный период, содержание питательных веществ составило: 1,12–1,13 корм. ед., 10,0–10,1 МДж обменной энергии, 0,8 кг сухого вещества, 135,4–137,5 г сырого протеина, 44,6–50,8 г жира, 15,7–18,0 г сахара, 10–12 г кальция, 5,9–6,6 г фосфора.

В рационах (зимне-стойловый период) на 1 кормовую единицу приходилось 109–110 г переваримого протеина. Соотношение расщепляемого протеина к нерасщепляемому в I группе составило 70:30, во II – 67:33, в III – 66:34. Это объясняется тем, что добавки, входящие в состав комбикорма, подвергали экструзии.

Содержание клетчатки в сухом рационе составило 19,3–20,0 %. Концентрация обменной энергии в 1 кг сухого вещества рациона была равна 9,7–10,4 МДж. Сахаро-протеиновое отношение во всех группах находилось на уровне 0,8–0,9. Отношение азота к сере при использовании комбикорма с подсолнечным шротом составило 12, в опытных группах снизилось до 10,2–10,4 за счет фосфогипса, входящего в состав витаминд.

В летний период содержания бычков в расчете на 1 кормовую единицу приходилось 98–100 г переваримого протеина. Соотношение расщепляемого протеина к нерасщепляемому составило в I группе 70:30, во II – 68:32, в III – 66:34. Содержание клетчатки в сухом веществе рациона составило 18–18,2 %. Концентрация ОЭ в 1 кг сухого вещества рациона была равна 10,5–11,2 МДж. Сахаро-протеиновое отношение во всех группах находилось на уровне 0,8–0,9. Отношение азота к сере при использовании комбикорма с подсолнечным шротом составило 11, снизилось до 10,4–10,8 в опытных группах за счет фосфогипса, входящего в состав витаминд.

В структуре рационов в зимний период содержания бычков комбикорма занимали 45–46 % по питательности, кукурузный силос – 50–52 %, патока – 5–6 %, в летний период зеленая масса из злаково-бобовой смеси – 55–56 %, комбикорма – 44–45 %.

Скармливание комбикормов с КД способствовало повышению интенсивности расщепления углеводов, снижению гидролиза протеина, что обеспечило увеличение количества летучих жирных кислот (ЛЖК) на 10–12 %, снижение концентрации аммиака на 12–14 % в рубцовой жидкости, повышение переваримости сухого и органического веществ, протеина, клетчатки, жира на 3–4 %.

Морфо-биохимический состав крови бычков представлен в табл. 2.

Таблица 2. Морфо-биохимический состав крови

Показатель	Период					
	зимний			летний		
	Группы					
	I	II	III	I	II	III
Общий белок, г/л	69,8 ± 1,2	70,3 ± 0,9	71,4 ± 1,4	70,9 ± 0,9	71,9 ± 1,6	72,8 ± 1,2
Альбумины, г/л	36,5 ± 1,3	36,8 ± 1,1	37,4 ± 1,2	36,3 ± 1,4	37,0 ± 0,9	37,9 ± 0,8
Глобулины, г/л	33,3 ± 0,9	33,5 ± 1,3	34,0 ± 1,5	34,6 ± 1,1	34,9 ± 1,3	34,9 ± 0,7
Гемоглобин, г/л	89,3 ± 0,6	94,2 ± 0,7	93,9 ± 0,9	92,6 ± 0,5	94,5 ± 1,0	95,1 ± 0,7
Эритроциты, 10 ¹² /л	7,5 ± 0,3	7,7 ± 0,4	7,8 ± 0,5	7,7 ± 0,4	7,8 ± 0,6	7,9 ± 0,3
Лейкоциты, 10 ⁹ /л	8,1 ± 0,5	8,4 ± 0,4	8,3 ± 0,3	7,9 ± 0,3	8,3 ± 0,4	8,4 ± 0,5
Резервная щелочность, мг%	470 ± 10,1	475 ± 8,8	483 ± 9,0	460 ± 9,3	479 ± 7,5	484 ± 6,9
Мочевина, ммоль/л	4,4 ± 0,6	4,0 ± 0,4	3,8 ± 0,3	4,2 ± 0,5	3,8 ± 0,4	3,7 ± 0,6
Глюкоза, ммоль/л	6,3 ± 0,1	6,4 ± 0,4	6,6 ± 0,5	6,1 ± 0,3	6,5 ± 0,4	6,7 ± 0,3
Кальций, ммоль/л	2,7 ± 0,08	2,8 ± 0,06	2,9 ± 0,02	2,6 ± 0,04	2,8 ± 0,06	2,7 ± 0,02
Фосфор, ммоль/л	1,4 ± 0,03	1,5 ± 0,05	1,6 ± 0,02	1,2 ± 0,04	1,4 ± 0,02	1,5 ± 0,03
Магний, ммоль/л	1,0 ± 0,02	1,2 ± 0,01	0,9 ± 0,02	0,8 ± 0,01	0,9 ± 0,03	0,7 ± 0,02
Сера, ммоль/л	22,8 ± 0,2	24,8 ± 0,4	25,3 ± 0,2	24,3 ± 0,1	26,7 ± 0,4	27,1 ± 0,3
Медь, мкмоль/л	0,7 ± 0,02	0,8 ± 0,01	0,9 ± 0,03	0,6 ± 0,03	0,7 ± 0,01	0,8 ± 0,02
Цинк, мкмоль/л	3,3 ± 0,3	3,5 ± 0,5	3,6 ± 0,4	3,4 ± 0,2	3,6 ± 0,4	3,7 ± 0,5
Каротин, мкмоль/л	0,4 ± 0,01	0,5 ± 0,02	0,3 ± 0,03	0,5 ± 0,02	0,4 ± 0,03	0,5 ± 0,01

Исследованиями установлено, что все показатели крови находились в пределах физиологической нормы и составили: общий белок 69,8–72,8 г/л, альбумины 36,5–37,9 г/л, глобулины 33,3–34,9 г/л, гемоглобин 89,3–95,1 г/л, эритроциты 7,5–7,9 10¹²/л, лейкоциты 8,1–8,4 10⁹/л, резервная щелочность 470–484 мг%, мочевина 3,8–4,4 ммоль/л, глюкоза 6,4–6,7 ммоль/л, кальций 2,6–2,8 ммоль/л, фосфор 1,4–1,6 ммоль/л, магний 0,7–1,2 ммоль/л, сера 22,8–27,1 ммоль/л, медь 0,7–0,9 мкмоль/л, цинк 3,3–3,7 мкмоль/л, каротин 0,3–0,5 мкмоль/л.

В то же время использование в составе комбикормов КД на основе вики, рапса, люпина позволило снизить уровень мочевины в крови на 16–21 %.

Включение в состав рационов добавки оказало положительное влияние на энергию роста бычков (табл. 3).

Использование комбикорма с введением КД1 в зимний период в количестве 20 % по массе повысило среднесуточный прирост с 812 г до 861 г или на 6 %, а при вводе 25 % – с 812 г до 870 г или на 7 % (P < 0,05).

В летний период кормления бычков скармливание добавки КД2 в количестве 20 % по массе в составе комбикорма обеспечило среднесуточный прирост 883 г или на 7 % больше контрольного варианта. Включение добавки КД2 в количестве 25 % по массе в составе комбикорма позволило повысить среднесуточные приросты на 8 % (P < 0,05).

Исследованиями установлено, что стоимость кормов на получение прироста снизилась на 5–6 %, затраты кормов – на 4–5 %.

Стоимость кормов на получение прироста в летний период снизилась во II и III опытных группах на 6 % и 7 %, затраты кормов на продукцию – на 5 % и 6 %.

Таблица 3. Изменение живой массы и среднесуточных приростов

Группы	Живая масса, кг		Прирост живой массы		Затраты кормов на 1 ц прироста, ц к.ед
	в начале опыта	в конце опыта	валовой, кг	среднесуточный, г	
Зимний период (86 дней)					
I контрольная	180,0 ± 4,5	249,8 ± 3,8	69,8 ± 4,0	812 ± 15,9	7,6
II опытная	177,0 ± 3,2	251,0 ± 3,5	74,0 ± 3,0	861 ± 17,5	7,3
III опытная	181,0 ± 2,9	255,8 ± 3,5	74,8 ± 4,0	870 ± 15,0	7,2
Летний период (92 дня)					
I контрольная	214,9 ± 3,4	290,8 ± 4,0	75,9 ± 3,6	825 ± 14,9	8,0
II опытная	214,0 ± 2,8	295,2 ± 3,4	81,2 ± 4,1	883 ± 15,9	7,6
III опытная	218,4 ± 4,0	300,4 ± 3,9	82,0 ± 4,3	891 ± 16,9	7,5

Закключение

1. Разработаны и научно обоснованы кормовые добавки, состоящие из рапса, люпина, вики и минерально-витаминного премикса, оказывающие положительное влияние на физиологическое состояние и продуктивность бычков.

2. Использование в рационах бычков кормовых добавок на основе местных источников сырья позволяет оптимизировать фракционный состав протеина, что способствует активизации метаболизма в рубце и повышению интенсивности расщепления углеводов и снижению гидролиза протеина, что обеспечивает увеличение количества ЛЖК на 10–12 %, снижение концентрации аммиака на 12–14 % в рубце, повышение переваримости сухого и органического веществ, протеина, клетчатки, жира на 3–4 %, снижение уровня мочевины в крови на 16–21 %.

3. Включение в рацион бычков новых кормовых добавок позволяет получать среднесуточные приросты на уровне 861–891 г при затратах кормов 7,3–7,5 ц корм. ед., снизить стоимость кормов на продукцию на 5–7 %

4. Кормовые добавки с использованием импортозамещающих белковых компонентов позволяют производить комбикорма для молодняка крупного рогатого скота при выращивании на мясо, не уступающие по кормовой и питательной ценности стандартным комбикормам КР-1, КР-2 и КР-3, но по стоимости ниже на 6–7 %.

Список использованных источников

1. Петрухин, И. В. Корма и кормовые добавки: справочник / И. В. Петрухин. – М. : Агропромиздат. – 1989. – 526 с.
2. Хохрин, С. Н. Кормление крупного рогатого скота, овец, коз и лошадей : Справочное пособие / С. Н. Хохрин. – СПб : Профис. – 2003. – 452 с.
3. Лебедев, Н. И. Использование микродобавок для повышения продуктивности жвачных животных / Н. И. Лебедев. – Л. : Агропромиздат. – 1990. – 96 с.
4. Комбикорма, кормовые добавки и ЗЦМ для животных : Справочник / В. А. Крохина [и др.] – М. : Агропромиздат. – 1990. – 304 с.
5. Биологическая полноценность кормов / Григорьев Н. Г., Волков Н. П., Воробьев Е. С. и др. – М. : Агропромиздат. – 1989. – 287 с.
6. Фицев А. И, Гаганов А. П. Качество кормов – основа их рационального использования // Актуальные проблемы заготовки, хранения и рационального использования кормов. : М. – 2009. – С. 169–176.
7. Физиология пищеварения и кормления молодняка крупного рогатого скота / В. М Голушко [и др.] – Гродно. – 2005. – 441 с.
8. Оптимизация минерального питания сельскохозяйственных животных / В. А. Кокорев [и др.] // Зоотехния. – 2004. – № 7. – С. 12–16.
9. Григорьев, Н. Г. К вопросу о современных проблемах в оценке питательности кормов и нормировании кормления животных // Сельскохозяйственная биология. – 2001. – № 2. – С. 89–100.
10. Овсянников, А. И. Основы опытного дела в животноводстве / А. И. Овсянников. – М.: Колос. – 1976. – 304 с.
11. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Изд. 3-е, испр. – Мн. : Вышэйшая школа. – 1973. – 320 с.

**Д.И. Комлач¹, Е.Л. Жилич¹, Ю.Н. Рогальская¹, В.Ф. Радчиков², А.Н. Кот²,
В.П. Цай², А.М. Глинкова², Т.Л. Сапсалева²**

¹ РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: npc_mol@mail.ru

² РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству»

г. Жодино, Республика Беларусь

E-mail: labkrs@mail.ru

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ ТЕЛЯТ ПУТЕМ СКАРМЛИВАНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ОРГАНИЧЕСКОЙ ФОРМЕ

Аннотация. Использование в кормлении телят в возрасте 10–75 дней органического микроэлементного комплекса в составе комбикормов в количестве 10 % от существующих норм оказывает положительное влияние на поедаемость кормов, морфо-биохимический состав крови и продуктивность животных, позволяет повысить концентрацию эритроцитов в крови опытных животных на 0,8 %, гемоглобина – на 3,1 %, общего белка – на 4,3 %, альбуминов – на 3,4 %, кальция – на 1,3 %, фосфора – на 1,9 %, среднесуточный прирост животных на 12,3 % ($P < 0,05$) при снижении затрат кормов на его получение на 10 %, снизить себестоимость прироста на 10,9 % и получить дополнительную прибыль в размере 37,2 у.е. на голову за период опыта.

Ключевые слова: телята, минеральные вещества, кормление, кровь, продуктивность.

**D. I. Komlach¹, E. L. Zhilich¹, Yu. N. Rogalskaya¹, V. F. Radchikov², A. N. Kot²,
V. P. Tsay², A. M. Glinkova², T. L. Sapsaleva²**

¹ RUE “SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization”

Minsk, Republic of Belarus,

E-mail: npc_mol@mail.ru

² RUE “SPC NAS of Belarus for Animal Husbandry”

Zhodino, Republic of Belarus,

E-mail: labkrs@mail.ru

INCREASING THE EFFICIENCY OF RAISING CALVES BY FEEDING TRACE ELEMENTS IN ORGANIC FORM

Abstract. The use of organic microelement complex in the composition of compound feeds in the amount of 10 % of the existing norms in feeding calves aged 10–75 days has a positive effect on feed consumption, morpho-biochemical composition of blood and productivity of animals, allows to increase the concentration of erythrocytes in the blood of experimental animals by 0,8 %, hemoglobin – by 3,1 %, total protein – by 4,3 %, albumins – by 3,4 %, calcium – by 1,3 %, phosphorus – by 1,9 %, the average daily increase of animals by 12,3 % ($P < 0,05$) with a reduction in feed costs for its production by 10 %, reduce the cost of the increase by 10,9 % and get an additional profit of 37,2 units per head for the period of experience.

Keywords: calves, minerals, feeding, blood, productivity.

Введение

На полноценность кормления сельскохозяйственных животных существенное влияние оказывает обеспеченность их минеральными веществами и витаминами. В связи с расширением и детализацией представлений о потребностях животных и о физиологической роли биогенных минеральных элементов и витаминов эти вопросы приобрели огромное значение при организации их питания [1–3].

Исследованиями установлено, что только комплексные добавки минеральных веществ и витаминов в рационы животных с учетом содержания их в кормах и норм потребности обладают высокой биологической и экономической эффективностью. Действуя в качестве катализаторов

многочисленных реакций обмена веществ в организме, биологически активные вещества способствуют снижению потерь основных питательных веществ корма, связанных с процессом превращения их в вещества тела и продукцию. В результате более эффективного использования питательных веществ рациона производство продукции животноводства на тех же кормах значительно увеличивается [4, 5].

В настоящее время накоплен большой экспериментальный материал по содержанию микро-элементов и витаминов в кормах, органах и тканях животных. Минеральные вещества находятся во всех тканях живого организма. Так, в коже их содержится 0,6 %, в костной ткани – 27, мышечной – 1, жировой – 0,2, в печени и мозге – по 1,4 %. Минеральные вещества поступают в организм животных с кормом и питьевой водой. После всасывания они попадают в печень, затем переносятся в различные органы, где избирательно депонируются. Выделяются минеральные вещества из организма с калом, мочой, потом, молоком, а у птиц – с яйцами. Содержание всех макро- и микроэлементов в организме животных составляет 4–6 % от его массы, где на долю макроэлементов приходится 99,6 %, микроэлементов – 0,4 % [6].

Многими учеными установлено, что функции клеток в живом организме связаны с минеральными веществами и витаминами [7–9].

Республика Беларусь относится к биогеохимической провинции с низким содержанием указанных микроэлементов в почве. Такое положение вызывает необходимость в разработке и применении добавок микроэлементов к рационам животных в виде органической и неорганической формы. Многочисленные исследования, проведенные в нашей стране и за рубежом, подтверждают более эффективное положительное влияние на продуктивность животных микроэлементов в органической форме по сравнению с неорганической.

Основная часть

Цель работы – изучить эффективность использования в кормлении молодняка крупного рогатого скота в возрасте 10–75 дней органического микроэлементного комплекса (ОМЭК).

ОМЭК – это комплекс органических соединений элементов для современных рецептур премиксов и комбикормов.

Содержание микроэлементов в кормовых добавках ОМЭК: железа – 108 г, марганца – 105 г, цинка – 118 г, меди – 115 г, кобальта – 110 г.

Для осуществления поставленной цели отобрано 2 группы клинически здорового молодняка крупного рогатого скота с учетом живой массы, возраста, упитанности и интенсивности роста телят, живой массой в начале опыта 42,5 и 41,9 кг (табл. 1).

Таблица 1. Схема опыта

Группа	Количество животных, голов	Живая масса в начале опыта, кг	Продолжительность опыта, дней	Особенности кормления
I контрольная	10	42,5	65	Основной рацион (ОР): комбикорм КР-1, молоко, ЗЦМ, сено, сенаж, плющенное зерно кукурузы
II опытная	10	41,9	65	ОР + комбикорм КР-1 с включением премикса с кормовой добавкой ОМЭК

Различия в кормлении заключались в том, что животные контрольной группы получали в составе комбикорма КР-1 стандартный премикс, молоко, ЗЦМ, сено, сенаж, плющенное зерно кукурузы. Бычки II группы получали комбикорм КР-1 с премиксом, включающим микроэлементный комплекс ОМЭК. Продолжительность опыта составила 65 дней. Для исследований были отобраны бычки живой массой 41,9–42,5 кг.

В ходе исследований проводился анализ рационов по следующим показателям: содержание кормовых единиц, обменной энергии, сухого вещества, сырого, переваримого протеина, сырой клетчатки, сахара, жира, кальция, фосфора, магния, серы, натрия, меди, цинка, кобальта, марганца, йода, к сырому протеину, отношению крахмала к сахару, сахара к протеину, кальция к фосфору.

Научно-хозяйственный опыт проведен по методике А.И. Овсянникова (1976) [10].

Цифровой материал проведенных исследований обработан методом вариационной статистики на персональном компьютере с использованием пакета анализа табличного процессора Microsoft Office Excel 2007. Статистическая обработка результатов анализа была проведена с учетом критерия достоверности по Стьюденту [11].

Результаты исследований

Важным фактором внешней среды, влияющим на обмен веществ животного организма, является корм. В организме животного, в его клетках и тканях постоянно происходит процесс образования и распада веществ. Этот процесс осуществляется за счет поступления в организм с кормом питательных веществ, которые используются в качестве пластического материала для построения тела животного и служат источником энергии.

Среднесуточный рацион подопытного молодняка во всех группах состоял из молочных кормов, сена и концентратов (табл. 2).

Таблица 2. Среднесуточный рацион по фактически съеденным кормам

Показатель	Группа			
	I		II	
	кг	%	кг	%
Молоко цельное	3,83	51,8	3,84	51,2
ЗЦМ	2,04	18,4	2,06	18,4
Комбикорм КР-1	0,71	22,2	0,71	22,1
Кукуруза	0,08	3,5	0,08	3,6
Сено	0,20	3,9	0,23	4,4
Сенаж	0,07	0,2	0,11	0,3
В рационе содержится:				
кормовых единиц	2,89		2,92	
обменной энергии, МДж	25,17		25,5	
сухого вещества, г	1711		1748	
сырого протеина, г	420,04		425,17	
переваримого протеина, г	357,0		360,1	
сырого жира, г	241,7		243,4	
сырой клетчатки, г	107,78		117,7	
крахмала, г	172,97		171,26	
сахара, г	400,1		404,1	
кальция, г	18,8		19,1	
фосфора, г	14,5		14,6	
магния, г	8,05		8,08	
серы, г	7,9		8,0	
железа, мг	146,2		132,8	
меди, мг	15,0		12,4	
цинка, мг	74,3		60,3	
марганца, мг	77,1		57,1	
кобальта, мг	4,36		3,85	
йода, мг	1,2		1,2	
каротина, мг	11,2		12,6	
витаминов: D, ME	8097,4		8126,4	
E, мг	31,9		35,9	

Потребление СВ подопытными животными было на уровне 1,71–1,75 кг/сутки.

КОЭ в СВ рациона II опытной группы составила 14,6 МДж против 14,7 в I контрольной.

Сырой протеин в СВ рациона контрольной группы занимал 24,5 %, в опытной – 24,3 %. На 1 МДж ОЭ рациона контрольной и опытной групп приходилось 14,1 г переваримого протеина. Концентрация легкопереваримых углеводов (крахмал и сахар) в СВ рациона I контрольной группы составила 33,5 % против 32,9 % во II опытной группе.

Соотношение кальция и фосфора в рационе I контрольной группы было на уровне 1,3:1, во II опытной – 1,31:1.

Результаты исследований показали, что в крови молодняка опытной группы содержание эритроцитов на 0,8 % больше по сравнению с контрольной (табл. 3).

Концентрация железосодержащего глобулярного белка при этом зафиксирована сверх аналогов контроля на 3,6 г/л.

Насыщенность эритроцитов крови дыхательным пигментом – гемоглобином у опытного молодняка была выше, чем у животных, которым скармливали стандартный премикс на 3,1 %, что свидетельствует об усилении интенсивности обмена веществ.

Сравнительный анализ опытных данных показал наличие высокой корреляционной связи ($r = 0,737$) между насыщенностью крови гемоглобином и интенсивностью роста телят ($P < 0,05$). Интенсивно растущие особи обладали более высокими показателями окислительных свойств крови и, наоборот, снижение интенсивности роста сопровождалось уменьшением концентрации гемоглобина крови.

Это согласуется с ранее опубликованными данными Р. Р. Фаткуллина, Т. М. Свиридовой, А. Г. Мещерякова и В. И. Левахина.

Использование рационов с опытным премиксом оказало стимулирующее действие на концентрацию лейкоцитов в крови на 0,9 %.

Содержание белков в плазме крови дает весьма ценные сведения для суждения о физиологическом состоянии организма животных. В ходе исследований установлено, что с заменой неорганических химических соединений в премиксе органическими формами по отношению к контрольному значению отмечен рост содержания общего белка на 4,3 %.

Установлено, что при высоких приростах у животных кровь более насыщена белками и особенно альбуминами. По своему значению альбумин является важнейшим энергетическим материалом и играет важную роль в процессе синтеза. Увеличение в крови количества альбуминов исследователи связывают с повышением активности белков и усилением их обмена вообще, что характеризует особенности растущих животных. В крови бычков II опытной группы повышение количества альбуминов составило 3,4 %.

Коэффициент А/Г определяет физико-химическую активность крови и в значительной степени характер и интенсивность обмена веществ в организме. Установлено, что у животных I контрольной и II опытной групп белковый коэффициент находился на уровне 0,7–0,71 единиц. Концентрация мочевины между группами варьировала незначительно и находилась на уровне 4,8–4,83 ммоль/л.

Глюкоза – основной источник энергии для организма. На ее долю приходится более 90 % всех низкомолекулярных углеводов. Содержание глюкозы в сыворотке крови находится в прямой зависимости от содержания энергии в рационе, а также от сбалансированности другими элементами питания, влияющими на обменные процессы в организме. Так, во II опытной группе концентрация глюкозы возросла на 1,8 % по отношению к I контрольной группе, что еще раз подтверждает незначительные различия в концентрации энергии рационов.

У молодняка II опытной группы установлено повышение уровня холестерина на 18,7 % ($P < 0,05$), что может служить показателем больших энергетических затрат в их организме, связанных с большей интенсивностью роста телят.

Минеральные вещества в процессе обмена не освобождают энергию, однако все же играют огромную роль в жизнедеятельности организма. Они находятся в организме животных в различном состоянии – свободном или связанном с белками, липидами, углеводами. Так, при скормливании в рационе хелатных соединений уровень кальция возрос на 1,3 %. Сыворотка крови опытных животных отличалась повышенным содержанием неорганического фосфора – на 1,9 %. Достоверных различий между группами по данным элементам не установлено.

Железо необходимо для синтеза гемоглобина, в котором сосредоточено более половины его запасов в организме. Как переносчик кислорода, железо способствует усилению обмена питательных веществ внутри клетки.

Уровень железа в подопытной группе находился у верхней границы физиологической нормы. Так, в крови телят II опытной группы содержание железа превышало контроль на 10,5 %, что, по нашему мнению, способствовало увеличению абсолютных показателей поглощения кислорода тканями растущего молодняка.

Таблица 3. Гематологические показатели

Показатель	Группа	
	I	II
Гемоглобин, г/л	114,7 ± 0,9	118,3 ± 0,8
Эритроциты, 10 ¹² /л	7,89 ± 0,06	7,95 ± 0,02
Лейкоциты, 10 ⁹ /л	9,55 ± 0,27	9,64 ± 0,13
Общий белок, г/л	63,03 ± 0,57	65,77 ± 0,14
Глюкоза, ммоль/л	3,27 ± 0,12	3,33 ± 0,14
Мочевина, ммоль/л	4,83 ± 0,07	4,8 ± 0,11
Кальций, ммоль/л	2,97 ± 0,01	3,01 ± 0,10
Фосфор, ммоль/л	2,09 ± 0,09	2,13 ± 0,06
Альбумины, г/л	26,28 ± 1,15	27,18 ± 1,88
Глобулины, г/л	36,75 ± 0,57	38,58 ± 1,85
Кислотная емкость по Неводову, мг%	467 ± 6,7	473 ± 6,7
Витамин А, мкмоль/л	1,3 ± 0,06	1,48 ± 0,06
Магний, ммоль/л	2,0 ± 0,24	2,27 ± 0,01
Железо, ммоль/л	19,0 ± 1,46	21 ± 0,72
Холестерин, ммоль/л	1,66 ± 0,16	1,97 ± 0,12
Кобальт, мкмоль/л	0,56 ± 0,03	0,77 ± 0,02
Марганец, мкмоль/л	3,06 ± 0,42	3,72 ± 0,04
БАСК, %	65,12 ± 0,88	66,63 ± 0,21
ЛАСК, %	6,23 ± 0,18	6,33 ± 0,03

Учитывая все межгрупповые различия в показателях крови, установлено, что все они находились в пределах физиологической нормы и указывают на нормальное течение обменных процессов.

Морфо-биохимические показатели крови молодняка на выращивании подтверждают их связь с уровнем и качеством минерального питания, обеспечивающим условия для его роста и развития и уровня продуктивности.

Важный фактор, обуславливающий формирование мясной продуктивности молодняка крупного рогатого скота в онтогенезе – уровень и качество минерального питания, который особенно в раннем возрасте способствует наращиванию мышечной ткани в теле. В основу его действия заложен признак повышения эффективности использования кормов при максимальном использовании питательных веществ и минеральных элементов рациона, способствующих повышению продуктивности животных.

В наших исследованиях было установлено положительное влияние скормливания в составе комбикормов КР-1 телятам в период выращивания их с 10 до 75-дневного возраста премиксов, содержащих в своем составе неорганические соли элементов, и премикса с заменой этих солей органической формой элементов железа, марганца, меди, кобальта, цинка (табл. 4).

Таблица 4. Живая масса и продуктивность

Показатель	Группа	
	I	II
Живая масса:		
в начале опыта, кг	42,5 ± 0,6	41,9 ± 0,64
в конце опыта, кг	86,3 ± 1,05	91,1 ± 1,36
Среднесуточный прирост, г	674 ± 21,85	757 ± 18,46
Увеличение среднесуточного прироста, г	–	83
Увеличение среднесуточного прироста, %	–	12,31
Дополнительный прирост живой массы от 1 животного за опыт, кг	–	5,40
Затраты кормов на 1кг прироста, корм. ед.	4,29	3,86
Снижение затрат кормов, корм. ед.	–	0,43
Снижение затрат кормов, %	–	10,02
Затраты обменной энергии на 1 кг прироста, МДж	37,4	33,7
Затраты переваримого протеина на 1 кг прироста живой массы, г	623,3	561,7
Энергия прироста или отложения, МДж	6,32	7,37
Затраты обменной энергии на 1 МДж в приросте живой массы, МДж	3,97	3,45

Так, наиболее высокая продуктивность отмечена во II опытной группе, поскольку животные в возрасте 75 дней превосходили контрольных на 12,3 %.

По интенсивности роста – одному из основных признаков, характеризующих продуктивность скота, наивысший показатель установлен у телят опытной группы. Энергия прироста опытных бычков была выше на 16,6 %.

Затраты обменной энергии на 1 МДж в приросте живой массы у контрольных животных были на 13 % выше.

Сравнительный анализ наглядно показал, что животные II опытной группы наиболее эффективно использовали корма, затраты которых были ниже, чем в контроле, на 10,05 %. Затраты обменной энергии на 1 кг прироста составили 33,7 МДж против 37,4 МДж в контрольной группе или на 9,9 % ниже, такая же тенденция установлена и по затратам переваримого протеина – на 9,8 %.

Довольно важным показателем оценки скормливаемых рационов на современном этапе является экономическая оценка.

Расчеты показали, что в результате увеличения прироста, при незначительной разнице в стоимости кормов, снижение себестоимости составило 10,9 %, что в свою очередь отразилось на уровне дополнительной условной прибыли, которая составила 37,2 у.е. на 1 голову за опыт.

Заключение

Использование в кормлении телят в возрасте 10–75 дней органического микроэлементного комплекса в составе комбикормов в количестве 10 % от существующих норм оказывает положительное влияние на поедаемость кормов, морфо-биохимический состав крови и продуктивность животных, позволяет повысить концентрацию эритроцитов в крови опытных животных на 0,8 %, гемоглобина – на 3,1 %, общего белка – на 4,3 %, альбуминов – на 3,4 %, кальция – на 1,3 %, фосфора – на 1,9 %, среднесуточный прирост животных на 12,3 % ($P < 0,05$) при снижении затрат кормов на его получение на 10 %, снизить себестоимость прироста 10,9 % и получить дополнительную прибыль в размере 37,2 у.е. на голову за период опыта.

Список использованных источников

1. Богданов, Г. А. Кормление сельскохозяйственных животных. – 2-е изд. перераб. и доп. – М. : Агропромиздат. – 1990. – 624 с.
2. Приемы повышения продуктивности крупного рогатого скота // В. Е. Закотин [и др.] / Инновации и современные технологии в сельском хозяйстве : Сб. науч. статей по матер. науч.-практич. интернет-конф. (г. Ставрополь, 4–5 февраля 2015 г.) // ФГБОУ ВПО «Ставропольский ГАУ». – Ставрополь. – 2015. – С. 115–120.
3. Милошенко, В. В. Продуктивность и качество молока коров черно-пестрой и красной степной пород в условиях племязавода им. Чапаева / В. А. Милошенко, А. И. Коноплев // Инновации и современные технологии в сельском хозяйстве : Сб. науч. статей по матер. науч.-практич. интернет-конф. (г. Ставрополь, 4–5 февраля 2015 г.) // ФГБОУ ВПО «Ставропольский ГАУ». – Ставрополь. – 2015. – С. 216–218.
4. Использование энергии корма бычками при балансировании рационов с бардой минерально-витаминной добавкой / В. К. Гурин [и др.] // Матер. междун. науч.-практич. конф. Сучасні проблеми підвищення якості, безпеки виробництва та переробки продукції тваринництва / Зб. наук. пр. Вінницького державного аграр. універ. / Ред. колегія : Л. П. Серeda [і інш.]. – Вінниця. – 2008. – В. 34. – Т.3. – С. 117–125.
5. Олейник, С. А. Инновационная технология производства говядины / С. А. Олейник // Инновации и современные технологии в сельском хозяйстве : Сб. науч. статей по матер. науч.-практич. интернет-конф. (г. Ставрополь, 4–5 февраля 2015 г.) // ФГБОУ ВПО «Ставропольский ГАУ». – Ставрополь. – 2015. – С. 240–244.
6. Хенниг, А. Минеральные вещества, витамины, биостимуляторы в кормлении сельскохозяйственных животных : Пер с нем. Н. С. Гельман / Под ред. А. Л. Падучевой. – М. : Колос. – 1976. – С. 103–281.
7. Войнар, А. И. Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека. – М. : Медгиз. – 1960. – 544 с.
8. Георгиевский В. И., Анненков Б. Н., Самохин В. Т. Минеральное питание животных. – М. : Колос. – 1979. – 471 с.
9. Кальницкий, Б. Д. Минеральные вещества в кормлении животных. – М. : Агропромиздат. – 1985. – 908 с.
10. Овсянников, А. И. Основы опытного дела в животноводстве / А. И. Овсянников. – М. : Колос. – 1976. – 304 с.
11. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Изд. 3-е, испр. – Мн. : Высшая школа. – 1973. – 320 с.

**Е.Л. Жилич¹, Ю.Н. Рогальская¹, В.Ф. Радчиков², В.П. Цай², А.Н. Кот²,
Т.Л. Сапсалева², А.М. Глинкова²**

¹ РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь
E-mail: npc_mol@mail.ru

² РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству»
г. Жодино, Республика Беларусь
E-mail: labkrs@mail.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗНЫХ НОРМ МУКИ ИЗ НОВЫХ СОРТОВ РАПСА В КОРМЛЕНИИ ТЕЛЯТ

Аннотация: В статье изложен материал по использованию повышенных норм новых «00» (каноло-вых) сортов рапса с низким содержанием глюкозинолатов и эруковой кислоты в составе комбикорма КР-1 для телят 10–75-дневного возраста, что позволило восполнить дефицит белка в рационах и расширить резервы использования рапса.

Ключевые слова: корма, телята, мука из семян рапса, нормы, продуктивность, эффективность.

E. L. Zhilich¹, Yu. N. Rogalskaya¹, V. F. Radchikov², V. P. Tsay², A. N. Kot², T. L. Sapsaleva², A. M. Glinkova²

¹ RUE “SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization”
Minsk, Republic of Belarus
E-mail: npc_mol@mail.ru

² RUE “SPC NAS of Belarus for Animal Husbandry”
Zhodino, Republic of Belarus
E-mail: labkrs@mail.ru

THE USE OF DIFFERENT STANDARDS OF FLOUR FROM NEW VARIETIES OF RAPESEED IN FEEDING CALVES

Abstract. The article presents material on the use of increased norms of new «00» (canola) rapeseed varieties with a low content of glucosinates and erucic acid as part of the KR-1 compound feed for calves aged 10–75 days, which made it possible to compensate for protein deficiency in diets and expand the reserves of rapeseed use.

Keywords: feed, calves, rapeseed flour, norms, productivity, efficiency.

Введение

В формировании эффективной стратегии кормопроизводства одной из основных проблем является дефицит кормового белка, составляющий 15–20 % от общей потребности, что приводит к недобору животноводческой продукции до 30 % и росту затрат на ее получение [1]. Практическим решением такого вопроса в кормовом секторе животноводства является введение в состав рациона растительных источников, богатых протеином: люпин, соя, вика, горох и др. Одним из путей решения проблемы дефицита кормового протеина является использование в кормлении сельскохозяйственных животных семян рапса и продуктов его переработки [2]. Повышенный интерес к рапсу в настоящее время обусловлен хорошей приспособленностью растений к произрастанию в умеренных климатических зонах, высокой продуктивностью, а также возрастающей потребностью в высокобелковых кормах и растительных маслах [3]. Основная масса зерна будет перерабатываться на масло, однако некоторая часть его будет использоваться на корм скоту в нативном виде. Стоит задача с максимальной эффективностью использовать зерно рапса и продукты его переработки в кормлении сельскохозяйственных животных.

По пищевым и кормовым достоинствам рапс значительно превосходит многие другие сельскохозяйственные культуры. Так, в 1 кг семян рапса и муки из них содержится 213 г переваримого протеина, 420–450 г жира, 2,15–2,3 корм. ед., 19–20 МДж обменной энергии, до 9,5 % клетчатки. Особенно богат рапс серосодержащими аминокислотами – метионином и цистином, а также треонином и тирозином. Биологическая ценность протеина рапсовых кормов из-за относительно более низкого содержания лизина ниже, чем протеина соевого шрота. В связи с этим возникающий дисбаланс незаменимых аминокислот при использовании в составе комбикормов рапсовых кормов необходимо устранять путем включения в их состав кормового препарата лизина или других высокобелковых кормов, богатых лизином. Усвояемость аминокислот рапса составляет в среднем 92 %. Жировой комплекс семян рапса представлен незаменимыми аминокислотами. В составе рапсового масла наибольший удельный вес занимают олеиновая (56,2 %), линолевая (20,8 %) и линоленовая кислоты (23 %), которые необходимы для роста животных и благоприятно влияют на их здоровье и продуктивность [4–6].

В последние годы после выведения в нашей стране «00» (каноловых) сортов рапса с низким содержанием глюкоиналатов до 0,8 % и эруковой кислоты до 0–0,7 % резервы использования рапса в рационах сельскохозяйственных животных расширились [7].

В условиях агропромышленного комплекса нашей страны нормирование скормливания рапса «00» сортов и продуктов его переработки только в последнее время приняты на изучение и апробацию. Учитывая все возрастающие с каждым годом объемы производства рапса и продуктов его переработки, а также огромное значение в обеспечении потребности сельскохозяйственных животных и комбикормовой промышленности в высокобелковых кормах решение вопросов рационального использования зерна рапса и продуктов его переработки исключительно актуально и имеет народнохозяйственное значение. Приведенные в «Классификаторе сырья и продукции комбикормового производства Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь» нормы ввода рапсовых продуктов в комбикорма были разработаны для продуктов из семян рапса старых сортов, содержащих более высокие количества эруковой кислоты (до 30–50 %) и глюкоинолатов (до 3 % и более), что ограничивает их безопасное скормливание сельскохозяйственным животным. Поэтому в связи с большим выбором новых сортов рапса исследования по определению целесообразности повышения норм скормливания молодняку крупного рогатого скота семян рапса актуальны.

Основная часть

Цель работы – изучить эффективность скормливания муки из семян новых сортов рапса и их повышенных норм молодняку крупного рогатого скота.

Материал и методы исследований. Исследования проводились согласно схеме опытов (табл. 1). Различия в кормлении заключались в том, что молодняк контрольной группы получал комбикорм с нормой ввода рапсовых кормов согласно данным «Классификатора сырья и продукции комбикормовой промышленности» (2010 г), животные опытной группы – комбикорма с включением повышенных норм ввода рапсовых кормов.

Таблица 1. Схема опыта

Группа	Количество животных в группе, голов	Возраст на начало опыта, мес.	Продолжительность опыта, дней	Особенности кормления
I контрольная	10	1	65	Основной рацион (ОР) – молоко, ЗЦМ, сено, кукуруза + комбикорм с включением рапсовой муки 10 % по массе
II опытная	10	1	65	ОР + комбикорм с включением рапсовой муки в количестве 15 % по массе

Анализ содержания питательных веществ в семенах рапса, кормах и гематологические показатели определяли в лаборатории биохимических анализов РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» по существующим методикам.

В течение исследований изучали:

- поедаемость кормов – на основании данных взвешивания заданных кормов и их остатков путем проведения контрольных кормлений один раз в декаду в два смежных дня;
 - влияние комбикормов с рапсом на морфо-биохимический состав крови, отбор проб крови проводился через 2,5–3 часа после кормления из яремной вены два раза в начале и в конце исследований;
 - интенсивность роста животных – по данным индивидуального взвешивания животных ежемесячно до кормления (в начале и в конце опыта);
 - оплата корма продукцией – путем определения расхода кормов на единицу прироста;
- Цифровые материалы обработаны методом вариационной статистики (П. Ф. Рокицкий, 1973) [8].

Результаты исследований

С целью выполнения поставленных задач отбирались образцы зерна и определялся их химический состав. Согласно схеме опыта в комбикорм контрольной группы включали зерно рапса размолотое, как источник белка, в количестве 10 % по массе, в состав комбикорма опытной группы – 15 %. Состав комбикорма представлен зерновой частью – ячмень, пшеница, люпин, горох, зерно рапса размолотое. Также во

Таблица 2. Среднесуточный рацион телят (по фактически съеденным кормам)

Корма и питательные вещества	Группа	
	I	II
Комбикорм, кг	1,00	1,00
Молоко цельное, кг	1,00	1,00
ЗЦМ, кг	0,27	0,27
Кукуруза, кг	0,05	0,05
Сено, кг	0,65	0,62
В рационе содержится:		
Кормовых единиц	2,46	2,49
Обменной энергии, МДж	21,68	21,68
Сухого вещества, г	1827	1801
Сырого протеина, г	331,6	334,8
Переваримого протеина, г	277,5	280,8
Сырого жира, г	177,7	193,2
Сырой клетчатки, г	214,7	208,5
Крахмала, г	342,9	320,7
Сахара, г	212,3	211,9
Кальция, г	16,8	16,7
Фосфора, г	13,7	13,7
Натрия, г	7,5	7,4
Магния, г	3,0	3,1
Калия, г	18,0	18,1
Серы, г	3,8	3,8
Железа, мг	241,0	231,4
Меди, мг	10,6	10,5
Цинка, мг	63,4	63,1
Марганца, мг	101,0	98,7
Кобальта, мг	0,7	0,6
Йода, мг	0,4	0,4
Каротина, мг	19,7	18,9

все рецепты комбикормов включены добавки премикс ПКР-1, дефекал, соль и монокальцийфосфат в количестве 1 %. В результате анализа химического состава комбикормов установлено, что при увеличении ввода размолотого зерна рапса в комбикорм КР-1 в количестве 15 %, питательность его увеличилась на 4,2 %

Основными кормами рациона (табл. 2) телят контрольной и опытной групп являлись молоко цельное, ЗЦМ, зерно кукурузы и сено. Комбикорма, включенные в состав рациона, отличались в процентном выражении содержанием в качестве источника энергии и белка рапсового зерна. В результате незначительно изменилась структура рациона.

За период опыта рационы контрольной и опытной групп содержали, 2,46–2,49 корм. ед. соответственно. Наибольшее поступление корма установлено у телят контрольной группы, наименьшее – у аналогов второй группы. Концентрация обменной энергии в 1 кг сухого вещества в рационе контрольной группы равна 11,87 МДж, против 12,04 МДж в опытной. Потребление сухого вещества подопытным молодняком находилось на уровне 1,8 и 1,80 кг. На долю сырого протеина в сухом веществе рациона контрольной группы приходилось 18,1 %, опытной – 18,6 %. Содержание сырой клетчатки от сухого вещества в рационе опытной группы 11,6 %, контрольной – 11,9 %. Концентрация сырого жира оказалась выше в рационе опытной группы на 8,7 %, что связано с увеличением нормы ввода зерна

рапса. Сахаропротеиновое отношение находилось на уровне 0,8:1. Эффективному использованию азота способствует определенный уровень серы в рационе, который не должен превышать 0,3 % от сухого вещества корма. Исходя из полученных данных, этот показатель в группах составил 0,2 %.

При оценке физиологического состояния, изучения продуктивных качеств животных большое значение имеет анализ биохимического состава крови. По изменениям биохимических показателей и морфологического ее состава можно контролировать нарушения в обмене веществ, связанные с неправильным кормлением и заболеванием животных. Исследования биохимического состава крови подопытных животных (табл. 3) свидетельствуют о том, что включение в состав комбикормов зерна рапса не оказало отрицательного влияния на физиологическое состояние животных.

В связи с тем, что в данных исследованиях изучалась эффективность скармливания телятам увеличенной нормы ввода зерна рапса как источника протеина, большой интерес для исследований имеют показатели, характеризующие белковый обмен: общий белок, мочевины. По количеству общего белка можно судить о протеиновой полноценности рациона. В крови телят опытной группы, получавших в составе комбикорма зерно рапса в количестве 15 %, содержание белка увеличилось на 3,4 %, что, вероятно, связано с большим поступлением протеина с кормом. Установлено, что при высоких приростах у животных кровь более насыщена белками и особенно альбуминами [9]. Так количество альбуминов в крови телят опытной группы выше контрольной на 4,4 %. Мочевина – основной конечный продукт обмена белков в организме животного [10]. В связи с этим концентрация мочевины в крови служит показателем эффективности использования азота в организме на синтез продукции [11]. Содержание мочевины в крови телят опытной группы выше контрольной на 4,5 %.

Показателем эффективности скармливания корма является продуктивность животных (табл. 4).

Исследованиями установлено, что в контрольной группе среднесуточный прирост живой массы составил 649 г, во II опытной – 657 г. Исследованиями установлено, что при скармливании телятам в возрасте 1–3 месяцев комбикорма КР-1, в состав которого вводили размолотое зерно рапса в количестве 15 % по массе взамен 10 %, интенсивность роста повысилась на 1,2 %. Затраты кормов на 1 кг прироста находились практически на одном уровне.

Расчет экономической эффективности использования зерна рапса в составе комбикорма показал, что стоимость одного килограмма комбикорма с вводом в него 15 % зерна рапса оказалась выше на 1 % по сравнению с комбикормом (с 10 % ввода зерна рапса) контрольной группы. При этом и суточный рацион молодняка опытной группы стоил дороже, чем в контрольной, но незначительно. Применение предлагаемого рациона снизило себестоимость прироста на 1,2 %.

Таблица 3. **Морфо-биохимический состав крови подопытных животных**

Показатель	Группа	
	I	II
Эритроциты, $10^{12}/л$	$7,41 \pm 0,3$	$7,52 \pm 0,17$
Гемоглобин, г/л	$121,7 \pm 1,01$	$123,5 \pm 1,45$
Лейкоциты, $10^9/л$	$9,8 \pm 0,26$	$10,4 \pm 0,21$
Общий белок, г/л	$62,43 \pm 0,61$	$65,03 \pm 0,5$
Альбумины, г/л	$31,07 \pm 0,13$	$32,43 \pm 0,56$
Глобулины, г/л	$31 \pm 0,38$	$31,8 \pm 0,43$
Мочевина, ммоль/л	$3,21 \pm 0,1$	$3,36 \pm 0,06$
Глюкоза, ммоль/л	$3,2 \pm 0,06$	$3,33 \pm 0,09$
Кальций, ммоль/л	$2,69 \pm 0,05$	$2,77 \pm 0,06$
Фосфор, ммоль/л	$1,66 \pm 0,01$	$1,68 \pm 0,01$

Таблица 4. **Изменение живой массы и среднесуточных приростов**

Показатель	Группа	
	I	II
Живая масса в начале опыта, кг	$47,7 \pm 0,80$	$44,5 \pm 4,48$
Живая масса в конце опыта, кг	$89,9 \pm 1,96$	$91,7 \pm 1,93$
Валовой прирост, кг	$42,2 \pm 1,52$	$42,7 \pm 1,84$
Среднесуточный прирост, г	$649 \pm 23,35$	$657 \pm 28,29$
Среднесуточный прирост к контролю, %	100	101,2
Затраты кормов на 1 кг прироста, корм. ед.	3,76	3,74
в т.ч. концентратов	1,80	1,84

Заключение

Использование в кормлении телят в возрасте 10–75 дней муки из новых сортов рапса позволяет балансировать рационы по энергии и протеину, оказывает положительное влияние на физиологическое состояние животных – в крови опытного молодняка повысилось содержание практически всех изучаемых компонентов, причем по количеству белка и альбуминов различия оказались достоверными, позволяет получить среднесуточные приросты на уровне прежних показателей.

Список использованных источников

1. Артемов, И. Интенсификация производства энергетических кормов на основе использования рапса / И. Артемов, Н. Болотова. – Главный зоотехник. – 2008. – №6. – С.29–32.
2. Использование семян рапса и продуктов их переработки в кормлении с.-х. животных / Голушко В. М. [и др.] // временные рекомендации РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству». – Жодино. – 2009. – 11 с
3. Жмыхи и шроты различных культур. Объемы. Использование в кормовых целях. / Л. Н. Лишаева [и др.] // Сб. науч. тр. ВНИИЖ СПб. – 2000. – С. 160–166.
4. Гареев, Р. Г. Эффективность использования рапсовых кормов в животноводстве и растениеводстве / Р. Г. Гареев, Л. П. Зарипов // Проблемы адаптивной интенсификации сельскохозяйственного производства Северо-Восточного региона России. – Киров. – 1999. – С.90–92.
5. Гареев, Р. Г. Рапс культура высокого экономического потенциала / Р. Г. Гареев. – Казань : «Дом Печати». – 1996. – 231 с.
6. Пилюк, Я. В. Рапс в Беларуси (биология, селекция и технология возделывания) / Я. В. Пилюк. – Мн. : Бизнесофсет. – 2007. – 240 с.
7. Эхерн, Ф. К. Жмыхи и шроты в кормлении крупного рогатого скота / Ф. К. Эхерн. Новейшие достижения в исследовании питания животных : перев. с англ. Г. Н. Жидкоблинова и В. В. Турчинский, М. : – 1985. – С. 49, 64–65, 97–104.
8. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Изд. 3-е, испр. – Минск : Выш. шк. – 1973. – 320 с.
9. Влияние кормовой добавки «Солунат» на белковый состав сыворотки крови молодняка крупного рогатого скота / В. А. Погодаев, Б. А. Айсанова // Инновационные пути развития животноводства : Сб. науч. тр. – Ставрополь : Серви школа. – 2009. – С. 159–163.
10. Профилактика нарушений обмена веществ у высокопродуктивных коров : Справ. руководство / Под ред. С. Г. Кузнецова, Л. А. Заболотнова. – Боровск : ЗАО «Витасоль». – 2008. – 27 с.
11. Свиридова, Т. М. Закономерности обмена веществ и формирования мясной продуктивности у молодняка мясного скота : Монография / Т. М. Свиридова. – Москва. – 2003. – 312 с.

**А.Н. Кот¹, В.П. Цай¹, В.Ф. Радчиков¹, А.М. Глинкова¹, Г.В. Бесараб¹,
Е.Л. Жилич², Ю.Н. Рогальская²**

¹ РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству»

г. Жодино, Республика Беларусь

E-mail: labkrs@mail.ru

² РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: npc_mol@mail.ru

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОРМЛЕНИЯ МОЛОДНЯКА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА РАЦИОНАМИ С РАЗНЫМ СООТНОШЕНИЕМ РАСЩЕПЛЯЕМОГО И НЕРАСЩЕПЛЯЕМОГО ПРОТЕИНА

Аннотация. Установлено, что оптимальное соотношение между расщепляемым и нерасщепляемым протеином составляет 70–60:30–40 в рационах бычков. Скармливание рационов с расщепляемостью протеина более 70 % способствует снижению ферментативной активности микрофлоры рубца, доли белкового азота и повышению количества аммиака, не носящим выраженный достоверный характер.

Ключевые слова: бычки, рационы, корма, расщепляемый протеин, нерасщепляемый протеин, рубцовое пищеварение, рационы.

**A. N. Kot¹, V. P. Tsay¹, V. F. Radchikov¹, A. M. Glinkova¹, G. V. Besarab¹,
E. L. Zhilich², Yu. N. Rogalskaya²**

¹ RUP "SPC NAS of Belarus for Animal Husbandry"

Zhodino, Republic of Belarus

E-mail: labkrs@mail.ru

² RUP "SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization"

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: npc_mol@mail.ru

THE EFFECTIVENESS OF FEEDING YOUNG CATTLE WITH DIETS WITH DIFFERENT RATIOS OF CLEAVABLE AND NON-CLEAVABLE PROTEIN

Abstract. It has been established that the optimal ratio between cleavable and non-cleavable protein is 70–60:30–40 in the diets of bulls. Feeding diets with a protein cleavage of more than 70 % contributes to a decrease in the enzymatic activity of the rumen microflora, the proportion of protein nitrogen and an increase in the amount of ammonia, which do not have a pronounced reliable character.

Keywords: bulls, rations, feed, cleavable protein, non-cleavable protein, scar digestion, rations.

Введение

В соответствии с современными требованиями к системе кормления жвачных последние должны быть обеспечены на достаточно высоком уровне как распадаемым, так и нераспадаемым в рубце протеином для оптимальной продукции микробного белка с целью обеспечения аминокислотами организма животного в необходимом количестве [1, 2].

Распадаемость характеризует скорость и величину гидролиза протеина в рубце под действием протеолитических ферментов до промежуточных и конечных продуктов, используемых в синтезе микробного белка. Определяется распадемость отношением протеина, поступившего в двенадцатиперстную кишку, к потребленному количеству с кормом [3]. Проблема протеинового питания жвачных животных особенно остро встала в связи с ростом продуктивности их и существенным изменением в технологии кормления и производства кормов [4, 5]. При этом протеин стал одним из важных лимитирующих факторов в системах интенсивного производства молока и мяса

Защита протеина корма от распадаемости в рубце увеличивает питательность корма и продуктивность животного. Однако при скармливании жвачным обработанных кормов с целью «защиты» в них протеина от быстрого распада нужно следить, чтобы в рубце оставалось не менее 6–8 % сырого протеина, доступного для ферментации, иначе может снизиться переваримость и потребление корма вследствие недостатка азота для микроорганизмов рубца. Включение в состав рациона обработанных кормов с низкой степенью распадаемости протеина в рубце жвачных способствует увеличению поступления в дуоденум нераспавшегося протеина корма и тем самым повышению уровня обменного белка [3].

Необходимость всестороннего изучения скорости расщепления протеина обусловлена тем, что его распадающаяся фракция является источником азота для рубцовой микрофлоры, а нераспадающаяся в сочетании с микробным протеином при поступлении в нижележащие отделы желудочно-кишечного тракта служит основным источником аминокислот для хозяина, определяющим уровень его продуктивности [5, 6].

Поэтому при балансировании рациона по протеиновой питательности необходимо подбирать компоненты рациона таким образом, чтобы протеин и энергия равномерно использовались животными в течение суток. Учет качества протеина в рационах жвачных, особенно высокопродуктивных, является неперенным условием стабильного поддержания и дальнейшего увеличения продуктивности в зависимости от физиологического состояния животных.

Основная часть

Цель работы – изучить закономерности протекания метаболизма в рубце молодняка крупного рогатого скота в возрасте 6–12 месяцев при скармливании рационов с разным соотношением энергии, расщепляемого и нерасщепляемого протеина.

Исследования проведены методом *in vivo* в условиях физиологического корпуса РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству» на бычках в возрасте 6–12 месяцев с вживленными хроническими канюлями рубца (Ø 2,5 см). Формирование групп животных осуществляли по принципу пар-аналогов в соответствии со схемой исследований (табл. 1).

Таблица 1. Схема исследований

Группа	Количество животных, голов	Продолжительность опыта, дней	Особенность кормления
I опытная	4	30	ОР с соотношением расщепляемого протеина к нерасщепляемому 80:20
II опытная	4	30	ОР с соотношением расщепляемого протеина к нерасщепляемому 75:25
III опытная	4	30	ОР с соотношением расщепляемого протеина к нерасщепляемому 70:30
IV опытная	4	30	ОР с соотношением расщепляемого протеина к нерасщепляемому 65:35
V опытная	4	30	ОР с соотношением расщепляемого протеина к нерасщепляемому 60:40

Основной рацион (ОР) по набору кормов молодняка подопытных групп был одинаковым. Животные получали рацион по нормам ВАСХНИЛ (1985) [7] с расщепляемостью сырого протеина 80, 75, 70, 65 и 60 %, соответственно.

Для обеспечения необходимого соотношения расщепляемого и нерасщепляемого протеина комбикорма используемые семена рапса и люпина подвергали экструзии.

Для изучения распада протеина применяли метод *in sacco*, для чего проводили инкубацию образцов кормов в нейлоновых мешочках. Инкубацию концентрированных кормов осуществляли в течение 6 часов, грубых – 24 часа (ГОСТ 28075-89). Содержание сырого протеина в кормах и сухом веществе остатка корма после его инкубации проводили по ГОСТ 13496.4-2019 из одной и той же пробы корма.

В рубцовой жидкости, отфильтрованной через 4 слоя марли, определены: концентрация ионов водорода – с помощью электропотенциометра марки рН-340; общий и остаточный азот – по Kjeldahl (2004), белковый – по разнице между общим и остаточным [8]; общее количество летучих жирных кислот (ЛЖК) – методом паровой дистилляции в аппарате Маркгамма, согласно методических указаний Н. В. Курилова и др. (1987), И. П. Кондрахина, (2004) [9]; аммиак – микродиффузным методом в чашках Конвея (И. П. Кондрахин, 2004) [10]; количество инфузорий – путем подсчета в 4-сетчатой камере Горяева [10].

Результаты исследований

В структуре рационов подопытных групп на долю концентрированных кормов приходилось 53 % общей питательности.

Травяные корма в структуре рационов были представлены злаково-бобовой смесью и злаковым сеном и занимали 47 %. На долю сена от общей питательности рациона приходилось по 3,3 % в I, II и III опытных группах с увеличением до 6,4 и 12,9 % – в IV и V группах соответственно (табл. 2).

Суточное потребление сухих веществ подопытными бычками находилось на уровне 7,5–7,8 кг/голову.

Таблица 2. Рационы молодняка по фактически потребленным кормам

Корм	Группа				
	I	II	III	IV	V
Трава злаково-бобовая	17,0	17,0	17,0	15,5	13,0
Сено злаковое	0,5	0,5	0,5	1,0	2,0
Комбикорм	3,2	3,1	3,0	3,0	3,0
Патока кормовая	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
В рационе содержится:					
кормовых единиц	7,35	7,37	7,35	7,35	7,29
обменной энергии, МДж	83,24	83,50	83,14	83,06	82,65
сухого вещества, кг	7,6	7,5	7,5	7,6	7,8
сырого протеина, г	1106	1066	1052	1062	1070
расщепляемого протеина, г	851	805	738	689	642
нерасщепляемого протеина, г	255	261	315	373	428
переваримого протеина, г	765	735	730	730	724
кальция, г	63,0	62,3	61,4	61,1	60,4
фосфора, г	29,5	29,2	28,4	31,1	33,4
Расщепляемость протеина, %	78	75	70	65	60

Концентрация обменной энергии в сухом веществе рациона I, II, III и IV опытных групп составила 11,0–11,1 МДж/кг, в V – 10,7 МДж/кг. На долю сырого протеина в сухом веществе рационов приходилось 13,8–14,6 %.

По интенсивности процессов пищеварения в рубце можно судить о степени преобразования корма в преджелудках.

О состоянии ферментативных процессов, образовании метаболитов, их всасывании и использовании в организме можно судить по реакции содержимого рубца.

Анализ основных показателей микробной ферментации углеводов и протеина в рубце указывает на специфическое влияние протеина разного качества на эти процессы (табл. 3).

Показатель концентрации ионов водорода рубцового содержимого животных опытных групп имел тенденцию к закислению относительно значения контроля. Так, скармливание рационов с расщепляемостью протеина ниже 80 %, но выше 60 % способствовало смещению рН рубцовой жидкости в кислую сторону на 0,1–0,3 ед., достигнув значения 6,37 ед.

Таблица 3. Основные показатели ферментации корма

Группа	pH	ЛЖК, ммоль/100 мл	Аммиак, мг/100 мл	Инфузории, тыс./мл
I	6,69 ± 0,13	10,91 ± 0,15	22,86 ± 0,53	814,94 ± 23,28
II	6,63 ± 0,12	11,04 ± 0,19	21,04 ± 0,40	784,71 ± 12,04
III	6,58 ± 0,21	11,14 ± 0,12	17,49 ± 0,52**	756,31 ± 12,10
IV	6,44 ± 0,10	12,26 ± 0,12**	13,31 ± 1,45**	723,94 ± 14,65*
V	6,37 ± 0,16	12,37 ± 0,16**	9,79 ± 2,27*	695,09 ± 24,70*

Примечание: * – $P < 0,05$;** – $P < 0,01$.

Обобщив результаты по значениям pH и ЛЖК, следует отметить, что данные показатели имели обратную зависимость. Увеличение содержания ЛЖК в рубце на 13,4 % при снижении количества расщепляемого протеина в рационе до 60 % обеспечило снижение концентрации ионов водорода до уровня 6,37 ед. относительно I группы.

По уровню образования аммиака в рубце можно судить о балансе между утилизацией его рубцовыми бактериями, обменом в стенке рубца, всасыванием в воротную вену и прохождением в нижележащие отделы пищеварительного тракта, с одной стороны, – и скоростью освобождения аммиака из различных кормов, с другой стороны [11].

Снижение расщепляемости сырого протеина рациона до 70–65 % при повышенной интенсивности образования ЛЖК способствовало уменьшению концентрации аммиака на 23,5–57,2 % ($P < 0,01$) чем в I группе соответственно. Наиболее низкое содержание аммиака установлено в V опытной группе, получавшей рационы с расщепляемостью протеина 60 % – 9,79 мг/100 мл.

Расщепляемость протеина рационов на уровне 80 и 75 % не оказывала существенного влияния на численность инфузорий, которая находилась в пределах 814,9–784,7 тыс./мл. Ингибирование развития инфузорий отмечено в IV и V опытных группах выразившееся в снижении их количества на 11,17–14,71 % ($P < 0,05$) относительно I группы.

Для изучения влияния различной расщепляемости сырого протеина в рубце животных зимне-стойлового периода были составлены изокалорийные рационы (табл. 4) на основе разработанных комбикормов марки КР-3 с уровнем расщепляемости сырого протеина 60–80 %.

Таблица 4. Среднесуточный рацион подопытных животных по фактически потребленным кормам, кг/гол.

Корм	Группа				
	I	II	III	IV	V
Сенаж злаковый	11,5	12,5	12,5	11,6	10,0
Сено злаковое	0,5	0,5	0,5	1,0	2,0
Комбикорм	3,3	3,2	3,1	3,2	3,2
Патока кормовая	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
В рационе содержится:					
кормовых единиц	7,65	7,65	7,65	7,65	7,67
обменной энергии, МДж	86,87	86,67	86,52	86,52	87,07
сухого вещества, кг	8,8	8,7	8,7	8,8	8,9
сырого протеина, г	1146	1100	1089	1141	1159
расщепляемого протеина, г	868	829	765	740	692
нерасщепляемого протеина, г	279	271	324	401	467
переваримого протеина, г	716	684	681	724	735
кальция, г	88,1	89,4	88,7	87,3	84,1
фосфора, г	36,7	36,6	36,0	38,4	40,2
Расщепляемость протеина, %	77	75	70	65	60

В структуре рациона на долю концентрированных кормов, представленных комбикормом и патокой, приходилось 53 %, из них на долю мелассы приходилось 0,5 %.

Травяные корма в рационах подопытного молодняка всех групп были представлены сенажом и сеном злаковыми. Травяные корма в структуре рациона занимают 47 % общей питательности.

Потребление сухих веществ подопытным молодняком находилось на уровне 8,7–8,9 кг/голову. Содержание обменной энергии в сухом веществе рациона I, II и III опытных групп составило 9,9–10,0 МДж/кг, в IV и V опытных – по 9,8 МДж/кг, соответственно. На долю сырого протеина в сухом веществе рационов приходилось 12,6–13,0 %.

Остальные контролируемые показатели питательности рациона были учтены и сбалансированы в пределах норм.

Использование протеина кормов рубцовой микрофлорой в большой мере зависит от показателей рубцового пищеварения.

У животных всех опытных групп уровень активной реакции среды составил 6,2–6,5 ед., что соответствует оптимальному значению для жизнедеятельности микрофлоры (табл. 5).

Таблица 5. Состав содержимого рубца

Группа	pH	ЛЖК, ммоль/100 мл	Аммиак, мг/100 мл	Инфузории, тыс./мл
I	6,53 ± 0,17	10,06 ± 0,32	23,25 ± 1,31	779,05 ± 18,84
II	6,49 ± 0,26	10,34 ± 0,58	22,53 ± 0,77	749,04 ± 11,94
III	6,41 ± 0,15	10,45 ± 0,93	18,38 ± 0,77*	724,41 ± 15,63
IV	6,27 ± 0,06	11,46 ± 0,62	14,26 ± 0,87**	700,26 ± 20,24*
V	6,18 ± 0,20	11,68 ± 0,42*	10,41 ± 1,34*	681,29 ± 19,93*

Наиболее интенсивное накопление ЛЖК в рубцовом содержимом установлено в опытных IV и V группах. Так, молодняк V опытной группы превосходил животных I группы по концентрации ЛЖК на 16,1 % ($P < 0,05$), что связано, по-видимому, с усилением бродильных процессов и наличием оптимальных условий для них.

Скармливание рационов с расщепляемостью протеина на уровне 70–60 % привело к достоверному уменьшению концентрации аммиака на 20,9–55,2 %.

Количество инфузорий в рубцовой жидкости у животных всех групп при летнем кормлении было больше, чем при зимнем. Результаты проведенных исследований свидетельствуют, что наибольшее количество инфузорий было отмечено у животных I группы. В IV и V опытных группах численность инфузорий была достоверно ниже на 7,01–12,5 % ($P < 0,05$) соответственно.

Заключение

Установлено, что снижение уровня расщепляемости сырого протеина с 80 % до 70–60 % в рационах бычков летнего периода способствует меньшему накоплению в рубцовой жидкости аммиака на 23,5–57,2 %, повышению концентрации ЛЖК на 13,4 %, снижению численности инфузорий на 14,7 %.

В зимний период использование рационов с расщепляемостью протеина 70–60 % привело к повышению концентрации ЛЖК на 3,9–16,1 %, уменьшению концентрации аммиака на 20,9–55,2 %, численности инфузорий рубца на 7,0–12,5 %.

Список использованных источников

1. Алиев, А. А. Обмен веществ у жвачных животных / А. А. Алиев. – М. : НИЦ «Инженер». – 1997. – 420 с.
2. Радчиков, В. Ф. Приемы повышения продуктивности молодняка крупного рогатого скота : моногр. / В. Ф. Радчиков [и др.] // Жодино : РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству». – 2010. – 244 с.
3. Бондарь, Ю. В. Влияние рациона с разным качеством протеина на процессы рубцового пищеварения и эффективность использования питательных веществ бычками-кастратами при интенсивном выращивании : автореф. дис.... к-та биол. наук / Бондарь Ю. В. – Оренбург. – 2000. – 22 с.

4. Радчиков, В. Ф. Эффективность использования питательных веществ рационов бычками в зависимости от фракционного состава протеина / В. Ф. Радчиков [и др.] // Научные основы повышения продуктивности сельскохозяйственных животных. – Сб. науч. тр. – Ч.2 СКНИИЖ. – 2009. – С. 216–218.
5. Курилов, Н. В. Нормирование протеинового питания жвачных / Н. В. Курилов, В. Н. Коршунов и др. // Новое в кормлении высокопродуктивных животных. – М. : Агропромиздат. – 1989. – С. 17–22.
6. Галочкина, В. П. Влияние кормов с низкой распадаемостью протеина в рубце на продуктивность откармливаемых бычков / В. П. Галочкина // Животноводство России. – 2004. – № 2. – С. 12–14.
7. Радчиков, В.Ф. Рубцовое пищеварение бычков при разном соотношении расщепляемого и нерасщепляемого протеина в рационе / В. Ф. Радчиков [и др.] // Зоотехническая наука Беларуси : Сб. науч. тр. – Жодино. – 2013. – Т.47. – Ч.2. – С. 331–341.
8. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных : Справ. пособие / под ред. А. П. Калашникова, Н. И. Клейменова. – М. : Агропромиздат. – 1985. – 352 с.
9. Клиническая лабораторная диагностика в ветеринарии / И. П. Кондрахин [и др.]. – М. : Агропромиздат. – 1985. – 287 с.
10. Изучение пищеварения у жвачных : Методические указания / Н. В. Курилов [и др.] ; Всерос. науч.-исслед. ин-т физиологии и биохимии питания с.-х. животных. – Боровск. – 1987. – 96 с.
11. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики : Справочник / под ред. И. П. Кондрахина. – М. : КолосС. – 2004. – 520 с.
12. Радчиков, В. Ф. Переваримость питательных веществ при включении в рацион плющенного консервированного ячменя / В. Ф. Радчиков, А. И. Козинец, А. А. Зеленовский // Зоотехническая наука Беларуси : Сб. науч. тр. / Ин-т животноводства Нац. акад. наук Беларуси. – Жодино. – 2005. – Т. 40. – С. 242–246.

**В.П. Цай¹, В.Ф. Радчиков¹, А.Н. Кот¹, А.М. Глинкова¹, Г.В. Бесараб¹,
Е.Л. Жилич², Ю.Н. Рогальская²**

¹ РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству»

г. Жодино, Республика Беларусь

E-mail: labkrs@mail.ru

² РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: npc_mol@mail.ru

ВЛИЯНИЕ РАЗНЫХ КОНСЕРВАНТОВ НА КАЧЕСТВО СИЛОСА, ПЕРЕВАРИМОСТЬ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ

Аннотация. Использование микробно-ферментного препарата «GoldStore Maize» для приготовления кукурузного силоса позволило получить силос высокого качества с содержанием в 1 кг корма натуральной влажности 0,3 корм. ед. и 2,99 МДж обменной энергии с pH 4,05 и лучшим соотношением кислот, чем у силосов без консерванта, а также с «Bio-Sil» и Биотроф. Скармливание молодняку крупного рогатого скота силоса, консервированного препаратом, позволило повысить переваримость питательных веществ рациона на 0,5–7,3 % по сравнению с контрольным, а также улучшить усвояемость азота на 0,9 %, кальция на 5 %, фосфора – 6 %.

Ключевые слова: кукурузный силос, переваримость, консерванты, Biotal, «GoldStore Maize».

V. P. Tsay¹, V. F. Radchikov¹, A. N. Kot¹, A. M. Glinkova¹, G. V. Besarab¹, E. L. Zhilich², Yu. N. Rogalskaya²

¹ RUE “SPC NAS of Belarus for Animal Husbandry”

Zhodino, Republic of Belarus,

E-mail: labkrs@mail.ru

² RUE “SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization”

Minsk, Republic of Belarus,

E-mail: npc_mol@mail.ru

THE EFFECT OF DIFFERENT PRESERVATIVES ON QUALITY SILAGE, DIGESTIBILITY AND USE NUTRIENTS

Abstract. The use of the microbial-enzyme preparation «GoldStore Maize» for the preparation of corn silage made it possible to obtain high-quality silage with a natural moisture content of 0,3 feed units in 1 kg of feed and 2,99 MJ of exchange energy with a pH of 4,05 and a better acid ratio than that of silos without preservative, as well as with «Bio-Sil» and Biotrof. When feeding young cattle with silage preserved with the preparation, it was possible to increase the digestibility of nutrients in the diet by 0,5–7,3 % compared to the control, as well as to improve the digestibility of nitrogen by 0,9 %, calcium by 5 %, phosphorus by 6 %.

Keywords: corn silage, digestibility, preservatives, Biotal, «GoldStore Maize».

Введение

Одним из распространенных способов заготовки кормов для хозяйств является приготовление сенажа и прежде всего силоса, имеющего очень большое значение в кормлении скота. Силосование уже давно заняло прочное место в системе кормопроизводства, и доказано, что по кормовой ценности силос мало уступает зеленому корму, сохраняя большую часть питательных веществ. Хотя ни для кого не секрет, что при несоблюдении технологий силосования суммарное количество потерь питательных веществ может быть высоким. Экспериментально установлено, что потери питательных веществ при силосовании могут достигать 40 %, причем доля потерь, которые действительно являются неизбежными, составляет только 7 %. Потери белка даже при идеальном соблюдении технологии доходят до 20 %. Такой простой прием заготовки кормов, как

проявление зеленой массы, позволяет снизить потери белка до 11 %. Подкисление травы приводит к сокращению потерь до 13–14 %, а стимуляция брожения – до 15 % [1–6].

В связи с этим разработка новых технологий силосования зеленой массы является актуальной проблемой и сегодня. Повышению сохранности и качества силоса способствуют различные консерванты, которые в настоящее время используются в небольших количествах. Высокая эффективность при консервировании травяных кормов получена при использовании химических препаратов, основным действующим веществом которых являются органические кислоты. При правильном внесении они быстро подкисляют силосуемую массу, обеспечивая высокий консервирующий эффект [7–11].

Вместе с тем способ консервирования должен взвешенно выбираться на каждом отдельном сельскохозяйственном предприятии. Грамотное использование в практической работе биологических или химических консервантов позволит повысить рентабельность молочного и мясного скотоводства.

Основная часть

Цель работы – изучить эффективность использования микробно-ферментных препаратов «Biotal» при заготовке силоса из кукурузы с применением биологических консервантов «GoldStore Maize».

Для проведения исследований были заложены 4 опытные партии на силос: одна в качестве контроля без консерванта, во второй опытной использовали «Bio-Sil», в третьей – «GoldStore Maize», в четвертой – «Биотроф». Для определения переваримости питательных веществ использования азота, кальция и фосфора при скармливании заложенных партий кукурузного силоса молодняку крупного рогатого скота проведен физиологический опыт (табл. 1).

Таблица 1. Схема опыта

Группа	Количество животных, гол.	Продолжительность, дней	Особенности кормления
I контрольная	3	30	Силос кукурузный (контрольный)
II опытная	3		Силос кукурузный с «Bio-Sil»
III опытная	3		Силос кукурузный с препаратом «GoldStore Maize»
IV опытная	3		Силос злаковый с «Биотроф»

Различия в кормлении животных физиологического опыта состояли в том, что I контрольная группа получала кукурузный силос, заготовленный без консерванта, II опытная – силос с биологическим консервантом «Bio-Sil», III опытная группа – заготовленный с использованием микробно-ферментного препарата компании Biotal «GoldStore Maize», IV опытная группа – заготовленный с применением биологического консерванта «Биотроф».

При проведении опыта условия содержания животных были одинаковыми: кормление двукратное, поение из автопоилок, содержание привязное.

Поедаемость кормов учитывали путем контрольных взвешиваний заданных кормов и их остатков (из расчёта на каждую группу животных) перед утренней раздачей каждый день на протяжении опыта.

В физиологическом опыте также изучали переваримость и использование питательных веществ кормов, баланс азота, кальция и фосфора, гематологические показатели.

Гематологические показатели – путем взятия крови из яремной вены утром, спустя 2–3 часа после кормления, 2 раза, в начале и в конце опыта:

– в цельной крови определяли эритроциты и гемоглобин – фотокалориметрически по методике Воробьева;

– в сыворотке крови определяли щелочной резерв по Неводову, общий белок – рефрактометрическим способом, сахар – по набору химреактивов о-Толуидиновым методом, кальций – комплексонометрическим титрованием, фосфор – по Бригсу, мочевины – диацетилмоноаксимным методом, каротин – калориметрически.

Учет съеденных кормов, количество выделений (кал, моча), а также отбор средних образцов (корма и его остатков, кала и мочи) для лабораторных исследований проводили по методике ВИЖА. Зоотехнический анализ кормов, кала и мочи проводили в лаборатории качества кормов и продуктов животноводства РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству» по общепринятым методикам.

Результаты исследований

В результате анализа химического состава установлено, что наибольшая питательность определена в опытном силосе, приготовленном с консервантом «GoldStore Maize», остальные образцы показали между собой незначительную различность (табл. 2).

Подобная тенденция отмечена и по содержанию обменной энергии, по протеину ниже всего оказался силос, приготовленный с применением Биотрофа. Отмечено незначительное снижение содержания клетчатки. Остальные показатели химического состава колебались незначительно.

В результате исследований установлено (табл. 3), что pH корма, заложенного с консервантом «GoldStore Maize», составила – 4,05, без консерванта – 4,05, с «Bio-Sil» – 4,0, с Биотрофом – 4,15.

Таблица 2. Химический состав кукурузного силоса

Показатель	Группа			
	I	II	III	IV
Кормовые единицы	0,29	0,27	0,30	0,25
Обменная энергия, Мдж	2,96	2,81	2,99	2,62
Сухое вещество, г	242,9	238,6	240,2	226,3
Сырой протеин, г	29,1	29,4	29,4	27,0
Сырая клетчатка, г	54,9	56,2	52,9	54,1
Сырой жир, г	5,9	7,7	8,4	6,8
БЭВ, г	139,3	133,5	135,4	124,5
Кальций, г	1,45	1,26	1,42	1,31
Фосфор, г	0,61	0,59	0,70	0,61
Сахар, г	7,5	6,0	8,5	7,3

Таблица 3. Показатели качества кормов

Наименование корма	pH	сумма кислот	Органические кислоты, %		
			молочная	уксусная	масляная
Контрольный силос	4,05	2,46	66,26	33,74	0
Силос с «Bio-Sil»	4,0	2,79	69,53	30,47	0
Силос с «GoldStore Maize»	4,05	2,54	72,11	27,89	0
Силос с «Биотроф»	4,15	2,51	65,75	34,25	0

В исследуемых кормах не установлено больших различий по содержанию кислот, а также у всех отсутствует масляная кислота, что указывает на высокое качество приготовленных силосов. Самое лучшее соотношение кислот отмечено у силоса с «GoldStore Maize».

Исследованиями установлено, что все изучаемые гематологические показатели находились в пределах физиологической нормы с небольшими межгрупповыми различиями (табл. 4).

Наибольшее содержание гемоглобина отмечено в крови бычков, потреблявших силос с «Bio-Sil», однако по данному показателю не установлено достоверных различий. Аналогичная закономерность отмечена на содержании эритроцитов и лейкоцитов. Наибольшим содержанием белка в крови отличались животные III и IV опытных групп, получавшие соответственно силос с препаратом Biotol и Биотроф.

В результате физиологических исследований установлено, что сухое и органическое вещество контрольного корма переварились на 62,7 и 65,6 %, а корма, заготовленного с использованием микробно-ферментного препарата «GoldStore Maize», – на 64,6 и 67,6 %, или увеличилось на 1,9 и 2,0 % (табл. 5).

Переваримость клетчатки силоса с микробно-ферментным препаратом «GoldStore Maize» была выше показателей остальных групп на 0,5–1,7 %. Отмечена более высокая переваримость жира и протеина у животных, потреблявших силос с микробно-ферментным препаратом «GoldStore Maize» и биологическим консервантом «Биотроф».

Таблица 4. Гематологические показатели

Показатель	Группа			
	I	II	III	IV
Гемоглобин, г/л	8,7 ± 0,17	9,5 ± 0,31	8,8 ± 0,54	8,9 ± 0,91
Эритроциты, млн./мм	5,46 ± 0,15	6,16 ± 0,43	5,34 ± 0,20	5,55 ± 0,47
Лейкоциты, тыс./мм	10,2 ± 0,73	14,6 ± 2,75	10,7 ± 0,37	10,7 ± 2,08
Общий белок, г/л	69,7 ± 1,5	71,7 ± 1,13	72,0 ± 3,01	73,1 ± 3,46
Глюкоза, мМоль/л	2,6 ± 0,15	2,73 ± 0,067	2,67 ± 0,31	3,0 ± 0,69
Мочевина, мМоль/л	2,8 ± 0,2	2,6 ± 0,09	2,7 ± 0,63	2,9 ± 0,14
Кальций, мМоль/л	3,04 ± 0,14	3,81 ± 0,03	3,247 ± 0,23	3,16 ± 0,19
Фосфор, мМоль/л	2,52 ± 0,08	2,39 ± 0,04	2,55 ± 0,10	2,50 ± 0,043
Резервная щелочность, мг%	333 ± 13,3	373 ± 13,3	347 ± 26,7	347 ± 13,3
Альбумин, г/л	37,5 ± 2,06	39,9 ± 1,39	38,6 ± 1,53	38,8 ± 3,52
Глобулин, г/л	32,2 ± 1,16	31,8 ± 0,28	33,4 ± 2,65	34,3 ± 2,64
Кислотная емкость по Неводову, мг%	486 ± 7,0	467 ± 37,1	500 ± 20,0	473 ± 17,6
Каротин, мг%	0,66 ± 0,01	0,63 ± 0,021	0,69 ± 0,014	0,7 ± 0,02
Витамин А, мкг%	1,72 ± 0,04	1,74 ± 0,04	1,74 ± 0,04	1,72 ± 0,046

Таблица 5. Коэффициенты переваримости, %

Показатель	Группа			
	I	II	III	IV
Сухое вещество	62,7 ± 4,7	63,7 ± 3,4	64,7 ± 0,4	62,7 ± 2,7
Органическое вещество	65,6 ± 4,2	67,9 ± 3,2	67,6 ± 0,3	65,4 ± 2,5
БЭВ	69,9 ± 3,5	75,0 ± 2,4	72,3 ± 1,3	68,6 ± 3,0
Жир	57,5 ± 9,2	58,2 ± 4,4	64,8 ± 7,6	64,0 ± 5,4
Протеин	63,0 ± 4,6	62,1 ± 3,1	65,7 ± 2,2	67,7 ± 2,6
Клетчатка	56,9 ± 5,5	55,7 ± 5,2	57,4 ± 1,2	56,7 ± 1,9

Важным показателем эффективности использования корма является использование и баланс азота (табл. 6).

Потребление азота подопытными животными находилось на уровне 75–88 г. Наибольшее количество азота потребили животные, которым скармливали силос с «Bio-Sil», однако и выделение его из организма с калом и мочой у них было несколько выше, что дало возможность отложиться в организме 34,5 г или незначительно выше по сравнению с другими группами: на 1,2–4,3 г. Однако общее использование азота оказалось лучше у животных, потреблявших силос с микробно-ферментным препаратом «GoldStore Maize».

Анализ данных обмена кальция и фосфора в организме животных показал, что потребление кальция животными всех подопытных групп, потреблявших исследуемые силоса, различались незначительно, по выделению его из организма также достоверных различий между группами не обнаружено. Однако несколько меньшее выделение кальция с калом бычками III опытной группы способствовало улучшению использования его на 5,12 %.

Таблица 6. Использование азота

Показатель	Группа			
	I	II	III	IV
Поступило с кормом, г	78,26	88,38	80,07	75,42
Выделено с калом, г	28,79	33,47	27,47	24,31
Усвоено, г	49,46	54,9	52,59	51,11
Выделено с мочой, г	17,61	20,39	19,29	20,87
Отложено, г	31,85 ± 7,6	34,50 ± 6,2	33,30 ± 1,2	30,24 ± 1,3
Отложено от принятого, %	40,7	39,04	41,58	40,09

По показателям использования фосфора отмечена аналогичная тенденция, как и по кальцию. Наибольшее отложение фосфора в организме бычков отмечено при скармливании силоса с микробно-ферментным препаратом «GoldStore Maize», или на 83 % выше контрольного показателя, и на 31,2 % выше, чем у силоса с «Bio-Sil» и на 47,7 % у силоса с «Биотроф».

Заключение

Заготовка силоса из кукурузы с препаратом «GoldStore Maize» позволяет получить корм высокого качества с содержанием в 1 кг 0,3 корм. ед. и 2,99 МДж обменной энергии с рН 4,05 и лучшим соотношением кислот, чем без консерванта, а также с «Bio-Sil» и «Биотроф». Скармливание молодняку крупного рогатого скота силоса с исследуемым консервантом позволило повысить переваримость питательных веществ рациона на 0,5–7,3 %.

Список использованных источников

1. Радчиков, В. Ф. Пути и способы повышения эффективности использования кормов при выращивании молодня крупного рогатого скота / В. Ф. Радчиков, В. К. Гурин, В. П. Цай – Минск : Хата. – 2002. – 158 с.
2. Авраменко П. С., Постовалова Л. М. Производство силосованных кормов / П. С. Авраменко, Л. М. Постовалова. – Минск : Ураджай. – 1984. – 144 с.
3. Абраскова, С. В. Повышение качества силосованных кормов / С. В. Абраскова [и др.] Земледелие и растениеводство: Сб. науч. тр. БелНИИЗК. – Минск. – 2002. – Вып. 38. – С. 40–44.
4. Абраскова, С. В. Использование препарата на основе молочнокислых бактерий для приготовления кормов с высокой протеиновой и энергетической ценностью / А. С. Абраскова [и др.] // Микробиология и биотехнология XXI столетия : Матер. Междунар. конф. 22–24 мая 2002 г. – Минск. – 2002. – С. 198–199.
5. Давидюк, Д. С. Консерванты для кукурузы / Д. С. Давидюк // Белорусское сельское хозяйство. – 2006. – № 8. – С. 47–48.
6. Козинец, А. И. Использование консерванта на основе продуктов окисления торфа для заготовки зерна повышенной влажности / А. И. Козинец [и др.] // Стратегия развития зоотехнической науки : Тез. докл. между-нар. науч.-практ. конф., посвящ. 60-летию зоотехн. науки Беларуси (15–16 окт. 2009 г.) – Жодино. – 2009. – С. 213–214.
7. Аузиньш, В. К. Химическое консервирование и качество кормов / В. К. Аузиньш // Труды ЛСХА. – Елгава. – 1980. – С. 62–66.
8. Бондарев, В. А. Эффективность химического консервирования различных кормовых культур / В. А. Бондарев // Актуальные проблемы производства кормов. – Таллин. – 1982. – С. 8–15.
9. Дрозденко, Н. П. Скармливание силоса с бензойной кислотой молодняку крупного рогатого скота / Н. П. Дрозденко // Кормление сельскохозяйственных животных : Бюл. Науч. работ ВИЖ. – Дубровицы. – 1971. – Вып. 25. – С. 22–24.
10. Жарков, Р. Влияние химических консервантов на качество силоса / Р. Жарков, А. Кидимова, Р. Казакова // Сб. науч. тр. Тадж. НИИ жив-ва. – Т.10. – 1983. – С. 152–157.
11. Радчиков, В. Ф. Переваримость и использование питательных веществ при скармливании бычкам влажного зерна, заготовленного с консервантами Кормоплюс / В. Ф. Радчиков [и др.] // Зоотехническая наука Беларуси : Сб. науч. тр., посвящ. 60-летию зоотехнической науки Беларуси : Науч.-практический центр НАН Беларуси по животноводству. – Жодино. – Т. 44. – Ч. 2. – 2009. – С. 165–172.

Д.И. Комлач¹, Е.Л. Жилич¹, Ю.Н. Рогальская¹, В.П. Цай², В.Ф. Радчиков², А.Н. Кот²,
Г.В. Бесараб², Е.Е. Парханович²

¹ РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь
E-mail: npc_mol@mail.ru

² РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству»
г. Жодино, Республика Беларусь
E-mail: labkrs@mail.ru

ВОЗМОЖНОСТЬ БАЛАНСИРОВАНИЯ РАЦИОНОВ МОЛОДНЯКА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ЗА СЧЕТ ВТОРИЧНЫХ ПРОДУКТОВ ПИВОВАРЕННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Аннотация. Использование в кормлении телят комбикорма КР-1 с вводом 10 % пивоваренного солода 2 класса положительно сказывается на показателях крови, позволяет повысить продуктивность телят в I фазу выращивания на 4,4 %, снизить затраты кормов на прирост на 5,3 %.

Ключевые слова: телята, комбикорм-концентрат, живая масса, солод пивоваренный.

D. I. Komlach¹, E. L. Zhilich¹, Yu. N. Rogalskaya¹, V. P. Tsay², V. F. Radchikov², A. N. Kot²,
G. V. Besarab², E. E. Parkhanovich²

¹ RUE "SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization"
Minsk, Republic of Belarus
E-mail: npc_mol@mail.ru

² RUE "SPC NAS of Belarus for Animal Husbandry"
Zhodino, Republic of Belarus
E-mail: labkrs@mail.ru

THE POSSIBILITY OF BALANCING THE DIETS OF YOUNG CATTLE AT THE EXPENSE OF SECONDARY PRODUCTS OF THE BREWING INDUSTRY

Abstract. The use of compound feed KR-1 in feeding calves with the introduction of 10 % brewed malt of class 2 has a positive effect on blood parameters, it allows to increase the productivity of calves in the first phase of cultivation by 4,4 %, reduce feed costs for growth by 5,3 %.

Keywords: calves, compound feed concentrate, live weight, brewing malt.

Введение

Обеспечения полноценного кормления сельскохозяйственных животных невозможно добиться без включения в их рационы комбикормов-концентратов. Они позволяют оптимизировать рационы телят по энергии, протеину, минеральным и биологически активным веществам согласно потребности в них животных [1–4].

Полностью обеспечить потребность животных в различных нормируемых элементах питания и повысить усвояемость кормов, а также лучше использовать различного рода обогатители и дополнительные источники питательных веществ, можно за счет приготовления комбикормов на основе зернофуража и БВМД (белково-витаминно-минеральных добавок), которые не будут уступать по качеству комбикормам, производимым на комбикормовых заводах [5–8].

В кормлении телят молочного и переходного периодов выращивания используются стартерные комбикорма. За счет их применения можно существенно снизить нормы выпойки молока, тем самым повысить его товарность. С целью повышения питательности стартерных комбикормов ведутся поиски различных добавок, в том числе отходов и вторичных ресурсов перерабатывающей промышленности [8–11].

Одним из возможных источников пополнения кормовых ресурсов может быть солод из ячменя. Энергетическая и биологическая ценность солода дает возможность его использования в кормлении сельскохозяйственных животных, в частности, в составе комбикормов взамен части зерна при их производстве, не снижая их полноценность.

Основная часть

Цель работы – определить оптимальную норму ввода солода пивоваренного 2 класса в состав комбикорма КР-1 и определить эффективность скармливания его молодняку крупного рогатого скота в возрасте 10–75 дней.

С учетом анализа химического состава местных компонентов рационов в соответствии с нормами потребности в питательных веществах и особенностями индивидуального развития разработан состав опытных комбикормов КР-1 и проведен научно-хозяйственный опыт на молодняке крупного рогатого скота I фазы выращивания (табл. 1).

Таблица 1. Схема исследований

Группа	Количество животных, гол.	Продолжительность опыта, дней	Особенности кормления
Научно-хозяйственный опыт 1			
I контрольная	14	66	Основной рацион – состав кормов рациона, утвержденный в хозяйстве + комбикорм стандартный КР-1
II опытная	14		Основной рацион + комбикорм КР-1 №1 (10 % солода ячменного пивоваренного)
III опытная	14		Основной рацион + комбикорм КР-1 №2 (15 % солода ячменного пивоваренного)

Различия в кормлении заключались в том, что в состав комбикорма животных опытных групп включали 10 и 15 % солода пивоваренного 2 класса.

В процессе исследований изучены следующие показатели:

- расход кормов – при проведении контрольного кормления один раз в 10 дней за два смежных дня с расчетом фактической поедаемости;
- химический состав и питательность кормов – путем общего зоотехнического анализа;
- кровь для исследований – отбиралась через 2,5–3 часа после утреннего кормления. В крови бычков определяли: содержание гемоглобина, эритроцитов и лейкоцитов – с использованием прибора URIT-3000VetPlus. В сыворотке крови – содержание общего белка и его фракций, глюкозы, мочевины, общего кальция, фосфора неорганического – на приборе «Assent 200»;
- продукцию выращивания путем индивидуальных ежемесячных контрольных взвешиваний.

На основании данных продуктивности, стоимости израсходованных кормов, затрат на производство продукции произведен расчет экономической эффективности содержания молодняка крупного рогатого скота при использовании комбикормов с включением пивоваренного солода 2 класса.

Зоотехнический анализ кормов, крови проведен в лаборатории биохимических анализов РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству» по общепринятым методикам.

В процессе исследований использованы зоотехнические, биохимические и математические методы анализа. Цифровые данные обработаны биометрическим методом вариационной статистики по П. Ф. Рокицкому (1973) [12].

Результаты исследований

Таблица 2. Химический состав комбикормов

Показатель	Комбикорм		
	I контрольный	II опытный	III опытный
Кормовые единицы	1,17	1,15	1,15
Обменная энергия, МДж	10,93	10,87	10,85
Чистая энергия лактации, МДж	6,85	6,81	6,79
Сухое вещество, г	878	882	885
Сырой протеин, г	168	166	165
Переваримый протеин, г	133	123	120
Сырой жир, г	23,1	22,5	22,6
Сырая клетчатка, г	53	58	60
БЭВ	578	577	579
Крахмал, г	318	306	299
Сахара, г	35	39	42
Кальций, г	6,5	6,5	6,4
Фосфор, г	5,7	5,6	5,4

Таблица 3. Средний рацион молодняка крупного рогатого скота за опыт

Показатель	Группа					
	I		II		III	
	кг	%	кг	%	кг	%
Молоко	2,27	23,6	2,27	23,9	2,27	23,7
Сено	0,23	6,5	0,23	6,6	0,23	7,0
Комбикорм	1,36	57,2	1,36	56,8	1,36	56,4
Сенаж	1,17	12,5	1,17	12,7	1,2	12,9
В рационе содержится:						
Кормовые единицы	2,79		2,76		2,78	
Обменная энергия, МДж	25,7		25,7		25,8	
Чистая энергия лактации, МДж	12,7		12,6		12,6	
Чистая энергия продукции, МДж	4,38		5,07		4,05	
Сухое вещество, г	2103		2108		2137	
Сырой протеин, г	369		366		368,6	
Переваримый, г	297		285		281,3	
Сырой жир, г	128		127		127	
Сырая клетчатка, г	259		266		276	
БЭВ	1233		1232		1246	
Крахмал, г	444		429		420	
Сахар, г	182		188		192	
Кальций, г	19,1		19,0		18,9	
Фосфор, г	12,5		12,4		12,2	

Для проведения научно-хозяйственного опыта разработаны комбикорма с включением 10 и 15 % солода для телят в период выращивания их в 10–75 дней (табл. 2).

Приготавливали комбикорма КР-1 непосредственно в хозяйстве с использованием местных источников сырья. В результате питательность 1 кг контрольного комбикорма составила 1,17 корм. ед. при натуральной влажности. В опытных питательность находилась на уровне 1,15 корм. ед. с содержанием обменной энергии 10,9 МДж. Концентрация сырого протеина была на уровне от 168 г в контрольном комбикорме до 166 г во II опытном. Анализ комбикормов по остальным показателям показал, что между собой комбикорма по химическому составу отличались незначительно. Однако включение в состав комбикорма большего количества солода пивоваренного снизило концентрацию переваримого протеина на 7–10 %, сырого жира – на 2,6–4,0 %, крахмала на 3,5–5,7 %.

В результате проведенных контрольных кормлений установлено фактическое потребление корма телятами (табл. 3).

Структура рационов подопытного молодняка крупного рогатого в период выращивания 10–75 дней состояла из комбикорма от 56,4 % в III опытной до 57,2 % в контрольной группе. Наибольший удельный вес в структуре рациона сенажа отмечен в III опытной группе, так как они потребили его по 1,2 кг на голову в сутки. По остальным компонентам рациона различий значительных, как в абсолютных единицах, так и в относительных не установлено.

Питательность рациона контрольной группы 2,79 корм. ед. В остальных она соответствовала уровню 2,76 и 2,78 корм. ед., по обменной энергии разница неощутимая – 0,01 МДж. По потреблению сухого вещества разница также была незначительной, несколько больше его было из-за увеличения потребления сенажа телятами. По другим питательным веществам разница в основном имела место из-за различий состава скормливаемых комбикормов. Наиболее заметна она по потреблению селена в 4,6 и 6,5 раза по сравнению с контрольной группой, соответственно. По концентрации обменной энергии в 1 кг сухого вещества разница скормливаемых рационов также была незначительной.

и составила от 12,1 МДж в III опытной группе до 12,2 МДж в контрольной и II опытной группе. Скармливание солода пивоваренного в составе комбикорма способствовало повышению сахаропротеинового отношения на 8,2 % во II опытной группе и на 11,5 % в III группе.

Скармливание разработанных комбикормов определенным образом сказалось на продуктивности молодняка крупного рогатого при выращивании в молочный период (табл. 4).

Таблица 4. Показатели продуктивности

Показатель	Группа		
	I	II	III
Живая масса в начале опыта, кг	53,0 ± 2,3	58,7 ± 1,8	58,4 ± 1,9
Живая масса в конце опыта, кг	111,1 ± 2,9	119,4 ± 2,5	117,8 ± 2,3
Валовый прирост, кг	58,1 ± 1,2	60,7 ± 1,4	59,4 ± 1,7
Среднесуточный прирост, г	880 ± 19,3	919 ± 21,3	900 ± 25,7
Увеличение среднесуточного прироста, г	–	39	20
Увеличение среднесуточного прироста, %	–	4,43	2,34
Дополнительный прирост живой массы от 1 животного за опыт, кг	–	2,6	1,3
Затраты кормов на 1 кг прироста, корм. ед.	3,17	3,00	3,07
Снижение затрат кормов, корм. ед.	–	– 0,17	– 0,08
Снижение затрат кормов, %	–	– 5,27	– 3,09
Затраты обменной энергии на 1 кг прироста, МДж	29,3	27,9	28,7

Живая масса в начале исследований между группами животных отличалась незначительно, а за период исследований, которые длились 66 дней, она увеличилась более чем вдвое, в результате разница между группами по весу сократилась, но незначительно. Так среднесуточный прирост молодняка за весь период опыта составил в контрольной группе 880 г, а скармливание комбикорма КР-1 с включением 10 % солода пивоваренного повысило его на 39 г. Увеличение ввода в комбикорм пивоваренного солода до 15 % не дало желаемого результата, прирост оказался на 19 г ниже, чем в группе с 10 %, но выше, чем в контроле. В результате валовый прирост за опыт у молодняка опытных групп оказался выше, чем в контроле, на 2,6 и 1,3 кг.

Дальнейшие исследования влияния скармливаемых комбикормов на организм животных проводили по оценке показателей крови (табл. 5).

Наилучший показатель концентрации эритроцитов в крови был у бычков, получавших с комбикормом 10 % пивоваренного солода: 5,76 ммоль/л или на 26 % больше контрольного показателя и на 9,7 % больше, чем в III опытной группе. По уровню белка в крови наилучшие показатели отмечены у опытных животных, уровень их был на 0,5–1,5 % выше контрольного. Уровень гемоглобина в крови животных II опытной группы оказался достоверно выше на 14,7 %. Довольно большая разница, в 2 раза в сторону снижения, установлена по концентрации глюкозы в крови телят, потреблявших 15 % пивоваренного солода

Таблица 5. Гематологические показатели

Показатели	Группы		
	I контрольная	II опытная	III опытная
Гемоглобин, г/л	102 ± 2,51	117 ± 0,57	105 ± 11,37
Эритроциты, 10 ⁹ /мм ³	4,57 ± 0,39	5,76 ± 0,03	5,25 ± 0,56
Лейкоциты, 10 ⁶ /мм ³	8,33 ± 0,33	9,53 ± 0,54	12,17 ± 2,08
Глюкоза, ммоль/л	1,7 ± 0,75	1,7 ± 0,55	0,8 ± 0,05
Мочевина, ммоль/л	5,97 ± 0,54	5,16 ± 0,34	6,68 ± 0,13
Кальций, ммоль/л	2,25 ± 0,10	2,20 ± 0,04	2,36 ± 0,02
Фосфор, ммоль/л	2,95 ± 0,16	2,69 ± 0,07	2,78 ± 0,22
Общий белок, г/л	65,8 ± 3,47	66,87 ± 3,31	66,13 ± 6,11
Альбумины, г/л	34,6 ± 1,05	35,83 ± 0,68	35,28 ± 0,21
Глобулины, г/л	31,2 ± 0,60	31,04 ± 3,99	30,87 ± 5,98
Холестерин, ммоль/л	0,27 ± 0,02	0,21 ± 0,02	0,16 ± 0,01

в комбикорме. По содержанию мочевины установлены также заметные расхождения, наиболее физиологически обоснованным был уровень в крови II опытной группы. Отмечены незначительные колебания в сторону снижения содержания кальция и фосфора в сыворотке крови во II опытной группе. Установлена закономерность по содержанию холестерина. Так наибольший показатель находился в крови бычков контрольной группы, затем отмечено снижение его уровня во II опытной группе на 22 %, а в III опытной его уровень понизился уже на 60 %. Возможно, скармливание пивоваренного солода влияет на жировой обмен, снижая тем самым уровень этого метаболита в крови животных.

В связи с несколько большей стоимостью пивоваренного солода 2 класса, чем заменяемые им в составе комбикорма компоненты, используемые в рационе комбикорма повысили стоимость рационов по сравнению с контролем на 4,3 % и 6,9 %.

В результате себестоимость прироста в III опытной группе оказалась несколько выше, чем в контрольной. Данный показатель негативно отразился на конечном результате при расчете прибыли, в результате чего она оказалась отрицательной. Наилучший показатель по экономической эффективности установлен во II опытной группе, где телятам скармливали комбикорм с вводом 10 % солода пивоваренного, прибыль составила за период опыта на все поголовье 93,8 рубля.

Заключение

Использование в кормлении телят комбикорма КР-1 с вводом 10 % пивоваренного солода 2 класса положительно сказывается на показателях крови, что выразилось в увеличении уровня эритроцитов на 26 %, на 1,5 % белка, на 14,7 % гемоглобина. Это позволяет повысить продуктивность телят в I фазу выращивания на 39 г прироста живой массы в сутки или на 4,4 % и снизить затраты кормов на прирост – 5,3 %, получить 93,8 рубля условной прибыли на опытное поголовье.

Список использованных источников

1. Использование вторичных продуктов перерабатывающих предприятий в кормлении молодняка крупного рогатого скота / Люндышев В. А. [и др.] // монография БГАТУ. – Минск. – 2014 – 168 с.
2. Комбикорм-концентрат для мясных бычков / Радчиков В. Ф. [и др.] // Научные основы повышения продуктивности сельскохозяйственных животных : Сборник научных трудов СКНИИЖ. – Ч.1. – Краснодар. – 2015. – С.127–132.
3. Стартерные комбикорма с семенами льна масличного для телят / Е. Тяпугин [и др.] // Молочное и мясное скотоводство. – № 4. – 2011. – С. 17–18.
4. Современные комбикорма при выращивании телок до трехмесячного возраста / Цай В. П. [и др.] // Вклад вчених у розвиток галузі тваринництва : Матеріали міжнародної науково-практичної інтернет-конференції 13–14 листопада. – Полтава : РВВ ПДАА. – 2014. – С. 47–49
5. Влияние скармливания новых комбикормов-концентратов для ремонтных телок на гематологические показатели и продуктивность / В. П. Цай, В. В. Карелин // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства : Сборник научных трудов / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Главное управление образования, науки и кадров. Учреждение образования «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия». – Горки. – 2013. – Вып. 16. – Ч.1. – С. 134–142
6. Влияние скармливания новых комбикормов на продуктивность и рубцовое пищеварение нетелей / Цай В. П. [и др.] // Перспективы и достижения в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции : Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию юбилею со дня основания факультета технологического менеджмента (зооинженерного). Ставропольский государственный аграрный университет. Издательство «АГРУС». Ставрополь, 16–17 апреля. – 2015. – С. 145–153.
7. Использование новых комбикормов в кормлении ремонтных телок в возрасте 1–3 месяцев / Радчиков В. Ф. [и др.] // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2014. – № 4. – С. 90–95.
8. Нормы кормления крупного рогатого скота : Справочник / Н. А. Попков [и др.]. : РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству». – Жодино. – 2011. – 260 с.
9. Стартерные комбикорма с семенами льна масличного для телят / Е. Тяпугин [и др.] // Молочное и мясное скотоводство. – №4. – 2011. – С. 17–18.
10. Современные комбикорма при выращивании телок до трехмесячного возраста / Цай В. П. [и др.] // Вклад вчених у розвиток галузі тваринництва : Матеріали міжнародної науково-практичної інтернет-конференції 13–14 листопада. – Полтава : РВВ ПДАА. – 2014. – С. 47–49.
11. Эффективность выращивания телок до 3-месячного возраста при использовании ЗЦМ и новых комбикормов / Цай В. П., Гурин В. К. // Научное обеспечение инновационного развития животноводства : Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции (24–25 октября 2013 г.). – Жодино. – 2013. – С. 350
12. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Изд. 3-е, исправл. – Мн. : Вышэйшая школа. – 1973. – 320 с.

**Е.Л. Жилич¹, Ю.Н. Рогальская¹, В.Ф. Радчиков², Д.М. Богданович², Г.В. Бесараб²,
Т.Л. Сапсалева², В.П. Цай²**

¹ РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь
E-mail: npc_mol@mail.ru

² РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству»
г. Жодино, Республика Беларусь
E-mail: labkrs@mail.ru

ПОВЫШЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ МОЛОДНЯКА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ПУТЕМ БАЛАНСИРОВАНИЯ РАЦИОНОВ ПО СЕЛЕНУ ПРИ ВКЛЮЧЕНИИ РАЗНЫХ НОРМ В-КАРОТИНА

Аннотация. Установлено, что использование опытного комбикорма с уточненной нормой селенита из расчета 0,2 г на голову в сутки, а также 30 мг β-каротина (15 г каролина) способствует повышению энергии роста подопытных животных на 11,3–12,1 % и снижению затрат кормов на 7,1 %, себестоимости продукции – на 0,6 %.

Ключевые слова: молодняк крупного рогатого скота, рацион, комбикорм, β-каротин, селенит натрия, прирост живой массы.

E. L. Zhilich¹, Yu. N. Rogalskaya¹, V. F. Radchikov², D. M. Bogdanovich², G. V. Besarab², T. L. Sapsaleva², V. P. Tsay²

¹ RUE “SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization”
Minsk, Republic of Belarus,
E-mail: npc_mol@mail.ru

² RUE “SPC NAS of Belarus for Animal Husbandry”
Zhodino, Republic of Belarus,
E-mail: labkrs@mail.ru

INCREASING THE PRODUCTIVITY OF YOUNG CATTLE BY BALANCING SELENIUM RATIONS WITH THE INCLUSION OF DIFFERENT NORMS OF B-CAROTENE

Abstract. It has been established that the use of experimental compound feed with a refined norm of selenite at the rate of 0.2 g per head per day and 30 mg of β-carotene (15 g of carolina) contributes to an increase in the growth energy of experimental animals by 11,3–12,1 % and a reduction in feed costs by 7,1 %, the cost of production by 0,6 %.

Keywords: young cattle, diet, compound feed, beta-carotene, sodium nitrate, live weight gain.

Введение

Рост продуктивности животных должен идти не только за счет увеличения количества потребляемых кормов рациона, но и за счет повышения их качества, балансирования рационов по всем недостающим элементам питания (протеин, жир, сахар, макро- и микроэлементы, витамины). Соответствие рационов по содержанию минеральных веществ потребностям животных является важным фактором, определяющим их физиологическое состояние и продуктивность [1, 2].

Животноводство Республики Беларусь из-за дефицита важнейших биологически активных веществ испытывает серьезные трудности с обеспечением полноценности рационов и комбикормов для крупного рогатого скота и свиней [3].

Одним из решений этой задачи является добавление в корм животных недостающих элементов, одним из которых является селен. Недостаток селена в рационах животных приводит к беломышечной болезни, токсической дистрофии печени, нарушению воспроизводительных функций и иммунных реакций организма, обуславливает развитие анемии и других заболеваний.

По воздействию на организм селен близок к витамину Е и обладает антиоксидантными свойствами. Он регулирует усвоение и расход в организме витаминов А, С, Е и К [4, 5].

В настоящее время в составе рационов телят применяется селенит натрия с целью профилактики беломышечной болезни. Установлено, что использование этого препарата способствует увеличению переваримости и использованию питательных веществ рациона, а также увеличению энергии роста животных [6].

Важное место в витаминном питании отводится витамину А. Он активизирует обмен веществ, участвует в формировании иммунитета, оказывает влияние на барьерную функцию кожи, слизистых оболочек, проницаемость клеточных мембран и биосинтез их компонентов, в частности, определенных гликопротеинов, влияет на синтез белков и др. [7]. Однако в растительных кормах витамин А отсутствует, но в них содержатся его предшественники – каротиноиды, из которых наибольшее значение для физиологии питания имеют альфа-, бета -, гамма-каротин и криптоксантин, отличающиеся друг от друга химическим строением и биологической активностью. Среди них самой высокой А-витаминной биологической активностью обладает бета-каротин [8].

В настоящее время определились новые прогрессивные направления науки, такие как микробиологический и химический синтез, ферментативный катализ, которые позволяют получать биологически активные вещества. Среди них исключительно большое значение имеют витамины и провитамины.

Таким образом, применение селеносодержащих препаратов при выращивании и откорме молодняка крупного рогатого скота в оптимальных дозах является эффективным мероприятием, так как они повышают уровень усвоения питательных веществ, участвующих в обмене. Однако до настоящего времени не изучено влияние комплексного использования селеносодержащих и витаминных препаратов на молодняк крупного рогатого скота.

Основная часть

Цель работы – изучить эффективность скармливания комбикормов с вводом нового препарата β-каротина и уточненной нормы селена в кормлении молодняка крупного рогатого скота на мясо.

Научно-хозяйственный опыт проведен на трех группах бычков черно-пестрой породы в возрасте 1 месяца живой массой 45–50 кг. Телят в группы подбирали с учетом возраста и живой массы по принципу пар-аналогов. Животные содержались в групповых станках по 7–8 голов (табл. 1).

Таблица 1. Схема опыта

Группа	Количество животных в группе, голов	Возраст, месяцев	Особенности кормления
I контрольная	15	1–1,5	ОР (сено, сенаж, комбикорм, цельное молоко, обрат)
II опытная	15	1–1,5	ОР + 0,2 мг селенита натрия на 1 кг живой массы + + 30 мг β-каротина
III опытная	15	1–1,5	ОР + 0,2 мг селенита натрия на 1 кг живой массы + + 40 мг β-каротина

Условия содержания контрольных и опытных групп были одинаковыми: кормление двукратное, из групповых кормушек, поение из автопоилок, а выпойка молока – индивидуально из ведер. Продолжительность учетного периода составляла 90 дней.

Основной рацион подопытных животных состоял из зеленой массы, комбикорма, цельного молока и обрата. Различия в кормлении заключались в том, что животные опытных групп в составе комбикорма дополнительно получали селенит натрия из расчета 0,2 мг/кг живой массы, а также β-каротин в количестве 30 мг во II опытной группе и 40 мг в III опытной группе.

Химический состав кормов определяли по общепринятым методикам в лаборатории зооанализа РУП «Институт животноводства НАН Беларуси».

Результаты исследований

Для проведения научно-хозяйственного опыта использовался комбикорм, основу которого составляли ячмень и овес. Кроме того, в состав комбикорма входили шрот рапсовый, жмых льняной, соль, премикс ПКР-2.

В результате внесения селенита натрия и каролина состав комбикорма изменился. Так содержание жира в 1 кг комбикорма возросло на 15 г и 20 г, каротина – на 30 и 40 мг, селена – на 5,6 мг.

Рацион подопытных животных составлялся в соответствии с нормами ВАСХНИЛ.

В начале опыта рацион животных контрольной и опытных групп состоял из сена, сенажа, комбикорма, молока и обрат. В последние 10 дней в рацион вместо сенажа начали постепенно вводить зеленую массу (таблица 2).

В процессе проведения опыта животные контрольной и опытных групп потребляли практически одинаковое количество кормов. Незначительные различия были в количестве съеденного сена, сенажа и зеленой массы, а комбикорм и обрат потреблялись без остатка. Следует отметить, что животные опытных групп потребляли больше сена и сенажа, и меньше зеленой массы. Однако на питательности рациона это не отразилось. Причем наибольшее количество кормов потреблялось животными III группы.

Потребление сухого вещества в среднем составило 2,82–2,95 кг на 1 голову в сутки. В 1 кг сухого вещества содержалось 1,1 корм. ед. Концентрация обменной энергии в 1 кг сухого вещества составляла 11 МДж. В расчете на 1 кормовую единицу приходилось 127–134 г переваримого протеина. Сахаропротеиновое отношение находилось в пределах 0,9–1,0.

Скармливание селенита натрия и каролина не оказало отрицательного влияния на состояние телят, так как все изучаемые показатели крови находились в пределах физиологической нормы (табл. 3).

Использование опытных добавок в составе комбикорма для телят оказало положительное влияние на энергию роста подопытных животных (табл. 4).

Скармливание комбикорма, обогащенного каротином и селеном, обеспечило получение среднесуточного прироста на уровне 801–807 г, что на 11,3–12,1 % больше, чем в контрольной группе. Наибольшей энергией роста

Таблица 2. Среднесуточный рацион подопытных животных (по фактически съеденным кормам)

Показатель	Группа		
	I	II	III
Зеленая масса, кг	0,5	0,3	0,4
Сено, кг	0,4	0,5	0,5
Сенаж, кг	1,4	1,5	1,6
Комбикорм, кг	1,3	1,3	1,3
Молоко, кг	0,5	0,5	0,5
Обрат, кг	5,7	5,7	5,7
Каролин, г	–	15	20
Селенит натрия, мг	–	16	16
В рационе содержится:			
кормовых единиц	3,02	3,12	3,15
обменной энергии, МДж	31,0	32,0	32,3
сухого вещества, кг	2,82	2,9	2,95
сырого протеина, г	546	539	544
переваримого протеина, г	405	400	403
сырого жира, г	118	135	141
сырой клетчатки, г	433	452	476
сахара, г	377	385	393
кальция, г	26,2	27,0	27,3
фосфора, г	20,3	20,6	20,7
магния, г	4,5	4,6	4,7
калия, г	44	46	47
серы, г	7,1	7,2	7,2
железа, мг	180	191	195
меди, мг	29,6	30,1	30,4
цинка, мг	70	72,8	73,2
марганца, мг	113	125	139
кобальта, мг	0,4	0,4	0,4
йода, мг	1,2	1,3	1,3
каротина, мг	32,7	58,5	72,5

Таблица 3. Гематологические показатели

Показатель	Группа		
	I	II	III
Эритроциты, $10^{12}/л$	7,28	7,33	7,30
Гемоглобин, г/л	93,1	92,2	91,8
Общий белок, г/л	64,6	65,2	65,4
Сахар, ммоль/л	4,21	4,43	4,46
Мочевина, ммоль/л	3,30	3,24	3,20
Щелочной резерв, мг%	333	327	327
Кальций, ммоль/л	2,53	2,61	2,52
Фосфор, ммоль/л	1,85	1,73	1,75
Каротин, мкмоль/л	0,5	0,8	0,9

Таблица 4. Динамика живой массы и продуктивность подопытных животных

Показатель	Группа		
	I	II	III
Живая масса, кг:			
в начале опыта	50,2	48,8	49,6
в конце опыта	115	120,9	122,2
Прирост за опыт, кг	64,8	72,1	72,6
Дополнительный прирост за опыт, кг	–	7,3	7,8
Среднесуточный прирост, г	720	801	807
в % к контрольной группе	–	11,3	12,1

Таблица 5. Экономическая эффективность использования каролина и селенита натрия (в расчете на одну голову)

Показатели	Группы		
	I	II	III
Затрачено кормов, корм. ед.	271,8	280,8	283,5
Получено прироста живой массы, кг	64,8	72,1	72,6
Затрачено кормов на 1 кг прироста, корм. ед.	4,2	3,9	3,9
В % к контрольной группе	100	92,9	92,9
Стоимость всех кормов, тыс. руб.	140,8	155,6	159,6
Все затраты, тыс. руб.	201,1	222,4	228,1
Стоимость кормов, затраченных на 1 кг прироста, руб.	2172	2158	2198
Себестоимость 1 кг прироста, руб.	3103	3084	3141
% к I группе	100	99,4	101,2

обладали животные III группы. В результате дополнительный прирост живой массы за период опыта во второй группе составил 7,3 кг, а в третьей группе – 7,8 кг.

Проведенные экономические расчеты показали (табл. 5), что в результате увеличения энергии роста затраты кормов на получение прироста снизились на 7,1 %.

Однако, несмотря на получение дополнительного прироста живой массы, из-за возросших затрат, связанных с приобретением селенита натрия и каролина, остальные показатели практически не изменились. Себестоимость получения прироста во второй группе снизилась на 0,6 %, а в третьей увеличилась на 1,2 %. Таким образом, наилучший результат получен во второй группе, где животные получали в составе комбикорма селенит натрия и каролин в количестве 15 г на голову в сутки.

Заключение

Скармливание молодяку крупного рогатого скота селенита натрия из расчета 0,2 г на голову в сутки, а также 30 мг β-каротина (15 г каролина) и 40 мг β-каротина (20 г каролина) оказывает положительное влияние на физиологическое состояние животных и гематологические показатели.

Наибольшей энергией роста обладали животные, потреблявшие комбикорм, в состав которого входили селенит натрия из расчета 0,2 мг на 1 кг живой массы и 40 мг β-каротина (20 г каролина). В результате энергия роста возросла на 12,1 %, а среднесуточный прирост живой массы находился на уровне 807 г. В то же время среднесуточный прирост живой массы у животных, получавших селенит натрия в количестве 0,2 г и 30 мг β-каротина (15 г каролина), находился на уровне 801 г, что на 11,3 % больше, чем в контроле.

Наибольший экономический эффект был получен при скармливании животным селенита из расчета 0,2 г на голову в сутки, а также 30 мг β-каротина (15 г каролина). В результате затраты кормов на получение прироста снижаются на 7,1 %, себестоимость продукции – на 0,6 %.

Список использованных источников

1. Баканов В. Н., Менькин В. К. Кормление сельскохозяйственных животных. – М. : Агропромиздат. – 1989. – 511 с.
2. Георгиевский В. И., Анненков Б. Н., Самохин В. Т. Минеральное питание животных. – М. : Колос. – 1979. – 970 с.
3. Букин, В. Н. Биохимические основы применения витаминов в животноводстве // Витамины и их производство в сельском хозяйстве. – Краснодар. – 1976. – С. 17–22.
4. Кудрявцев А. А., Кудрявцева Л. А. О механизме действия селена и его биологическое значение // Минеральное питание с.-х. животных и птиц. – Фрунзе : Илнм. – 1968. – С. 118–119.
5. Мадосян Н. М., Кистина А. А., Прытков Ю. Н. Влияние селена на использование ремонтными телками минеральных веществ рациона // Фундаментальные и прикладные проблемы повышения продуктивности с.-х. животных. – Саранск. – 1998. – С. 90–96.
6. Надаринская М. А. Эффективность применения разных уровней селена в кормлении сухостойных коров // Зоотехническая наука Беларуси : Сб. науч. тр. / РУП «Институт животноводства НАЛ Беларуси». Науч. ред. И.П. Шейко. – Мн. : УП «Технопринт». – 2003. – Т. 38. – С. 247–252.
7. Букин, В. Н. Биохимия витаминов // Избр. тр. – М. : Наука. – 1982. – 315 с.
8. Девяткин, В. А. Использование бета-каротина микробиологического синтеза в рационах крупного рогатого скота : Автореф. дис. ... докт. с.-х. наук : 1.02.02. / Всесоюз. ин-т живот-ва. – Дубровицы. – 1990. – 24 с.

Д.Ф. Кольга¹, Н.Н. Быков¹, С.А. Костюкевич¹, Е.Л. Жилич², Ю.Н. Рогальская²

¹ УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: kdf.tnz@bsatu.by

² РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: npc_mol@mail.ru

ИНТЕНСИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ЗАГОТОВКИ СИЛОСА ИЗ КУКУРУЗЫ ДЛЯ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ КОРОВ

Аннотация. Значительный успех отрасли животноводства во многом обязан внедрению новых прогрессивных систем нормированного кормления животных и оценки питательности кормов, что позволяет более точно, с учетом физиологических и биологических особенностей организма животных, организовать их полноценное кормление. В настоящее время силосование остается наиболее распространенным, доступным и надежным способом заготовки сочных кормов. Базовый рацион состоит из сочного и грубого корма – силос, сенаж и сено. Силос составляет основу рационов крупного рогатого скота, его доля в структуре кормления достигает 50 %. Качество кукурузного силоса зависит от соблюдения технологии выращивания, заготовки, хранения, подготовки к скармливанию животным. Внедрение инновационных технологий заготовки силоса из кукурузы для высокопродуктивных коров способствует сокращению потерь питательных веществ в кормах, поедаемости, усвояемости, сохранности, экономии ресурсов и, как следствие, приводит к увеличению продуктивности животных.

Ключевые слова: вещества, питательность, корма, кормление, заготовка, скармливание, силосование, сушка, брожение, рацион, продуктивность, грубые корма, сочные корма, силос, сенаж, сено, зеленая масса, степени измельчения, трамбовка, герметичность, микробиологические процессы, биохимические процессы.

D. F. Kolga¹, N. N. Bykov¹, S. A. Kostyukevich¹, E. L. Zhilich², Yu. N. Rogalskaya²

¹ EE “Belarusian State Agrarian Technical University”

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: kdf.tnz@bsatu.by

² RUE “SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization”

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: npc_mol@mail.ru

INTENSIVE TECHNOLOGY OF HARVESTING CORN SILAGE FOR HIGHLY PRODUCTIVE COWS

Abstract. The significant success of the animal husbandry industry is largely due to the introduction of new progressive systems of normalized animal feeding and feed nutritional assessment, which allows more accurately, taking into account the physiological and biological characteristics of the animal organism, to organize their full-fledged feeding. Currently, silage remains the most common, affordable and reliable method of harvesting succulent feed. The basic diet consists of juicy and coarse feed – silage, haylage and hay. Silage forms the basis of the rations of cattle, its share in the structure of feeding reaches 50 %. The quality of corn silage depends on compliance with the technology of cultivation, harvesting, storage, preparation for feeding to animals. The introduction of innovative technologies for harvesting silage from corn to highly productive cows helps to reduce the loss of nutrients in feed, digestibility, digestibility, preservation, saving resources and, as a result, leads to an increase in animal productivity.

Keywords: substances, nutrition, feed, feeding, harvesting, feeding, silage, drying, fermentation, diet, productivity, coarse feed, succulent feed, silage, haylage, hay, green mass, degrees of grinding, ramming, tightness, microbiological processes, biochemical processes.

Введение

За последние годы знания о потребности животных в питательных веществах значительно расширились. Это нашло выражение в разработке новых технологий заготовки кормов и способов подготовки их к скармливанию. Значительный успех отрасли животноводства во многом обязан внедрению новых прогрессивных систем нормированного кормления животных и оценки питательности кормов, что позволяет более точно, с учетом физиологических и биологических особенностей организма животных, организовать их полноценное кормление.

В настоящее время силосование остается наиболее распространенным, доступным и надежным способом заготовки сочных кормов. При правильном силосовании культур получается меньше отходов, чем при естественной сушке. При сушке кормовых растений на сено потери питательных веществ иногда составляют более 30 %, а потери, вызываемые брожением силоса, не превышают 10–15 %. Исследованиями установлено, что использование высококачественного силоса как основного корма рациона животных влияет на показатели крови, окислительно-восстановительные реакции, что, в конечном итоге, обеспечивает получение высоких продуктивных показателей [1, 2].

Продуктивность сельскохозяйственных животных тесно связана с качественным сбалансированным кормлением. Базовый рацион состоит из сочного и грубого корма – силос, сенаж и сено. Силос составляет основу рационов крупного рогатого скота, его доля в структуре кормления достигает 50 %.

Качество силоса зависит от множества факторов, одни из основных – это подготовка траншей, время уборки (фаза вегетации), соблюдение сроков закладки зеленой массы в хранилище и ее влажность, степени измельчения, тщательность трамбовки и герметичность укрытия.

В основе силосования лежат сложные микробиологические и биохимические процессы. Для быстрого накопления молочной и уксусной кислот, а также для предотвращения развития плесневых грибов и аэробных бактерий необходимо соблюдать все перечисленные выше условия [3].

Основная часть

Знание о содержании в корме питательных и других жизненно важных веществ является основой кормления животных. Для этого проводится зоотехнический анализ кормов, в ходе которого определяется содержание сухого вещества, протеина, сырого жира, сырой клетчатки и др.

Основным фактором увеличения производства молока является улучшение условий кормления. Кормление должно производиться полнорационными сбалансированными кормовыми смесями. Такой метод позволяет за счет увеличения поедаемости сократить расход основных кормов на 20–25 %, снизить затраты труда на кормление в 1,2–1,5 раза при одновременном повышении качества молока. Чем выше продуктивность животного, тем больше требования предъявляются к питательности всех кормов, применяемых в кормлении. Чтобы установить питательные требования к заготавливаемым кормам, необходимо знать уровень продуктивности дойного стада. Зависимость требований, предъявляемых к питательной ценности кормов, от годового удоя коров приведена в табл. 1.

Определение качества кормов проводилось в аккредитованной лаборатории кормов ОАО «Унибокс» на молочно-товарном комплексе д. Чернова Минской области.

Исследования качества кормов проводились на приборах (рис. 1) лаборатории ОАО «Унибокс»:

- прибор для анализа НДК, КДН;
- пробоотборник грубых кормов;
- прибор для контроля гранулометрического состава зерновых кормов;
- прибор NIRS для анализа кормов в режиме реального времени.

Одним из основных объемистых кормов жвачных животных является кукурузный силос, производство которого в республике находится ежегодно на уровне 20 млн т. При этом технология работы с кукурузой на корм в республике освоена значительно лучше, чем технология заготовки кормов из многолетних трав.

Таблица 1. Требования к питательной ценности кормов для контроля при заготовке

Годовой надой от коровы, кг	Показатели питательности	Концентрированные корма	Сено	Силос из подвяленных трав	Сенаж в упаковке	Силос из кукурузы
5000	Содержание сухого вещества (СВ) в 1 кг корма, кг	0,855	0,83	0,35	0,40	0,32
	Обменный энергии, МДж	11,8	8,83	9,3	9,5	10,5
	ЧЭЛ, МДж/кг	7,43	5,56	5,86	6,0	6,62
	Сырого протеина, г/кг	182	120	134	140	108
	НДК, г/кг СВ	223	739	530	490	380
10000	Содержание сухого вещества (СВ) в 1 кг корма, кг	0,855	0,83	0,39	0,50	0,37
	Обменный энергии, МДж	13,1	9,10	10,44	10,53	11,00
	ЧЭЛ, МДж/кг	8,25	5,77	6,58	6,70	6,91
	Сырого протеина, г/кг	225	140	170	180	108
	НДК, г/кг СВ	160	530	390	370	350



а



б



в



г



д

Рис.1. Оснащенность лаборатории приборами для контроля качества кормов: а – приборы для анализа НДК, КДК; б – Пенсильванская сортирующая система; в – пробоотборник для грубых кормов; г – прибор для контроля за гранулометрическим составом концентрированных кормов; д – прибор NIRS для анализа кормов в режиме реального времени

Факторы, обеспечивающие получение качественного корма, определяются главным образом технологией его заготовки, основными элементами которой являются: подготовка траншеи, уборка в оптимальные фазы вегетации, оптимальная влажность, высота среза, измельчение сырья и длина резки, консерванты, укладка, трамбовка и герметизация [3–5].

Кукурузный силос – важный источник энергии. Он составляет более 40 % корма в рационах для молочного скота. Это аппетитный корм относительно постоянного качества, у которого уровень энергии выше, чем у других видов кормов (содержание ЧЭЛ более 6,7 МДж/кг). Кукурузный силос содержит щадящий для рубца «байпасный» крахмал, эффективность преобразования

которого в глюкозу в организме в 3 раза выше по сравнению с крахмалом других кормовых культур. Кукурузный силос отличается от других видов силосов более высокой переваримостью (68–69 %), отличной поедаемостью (НДК – 35–36 % в СВ), быстрым освобождением желудочно-кишечного тракта, хорошей силосуемостью и качественными характеристиками (рН – 3,9–4,0, содержание молочной кислоты – 85 %, уксусной – 15 %).

Цель исследований – анализ интенсивной технологии заготовки кукурузного силоса для высокопродуктивных коров.

Для достижения поставленной цели необходимо рассмотреть следующие моменты:

- контролировать технологию заготовки кукурузного силоса;
- проводить контроль питательной ценности заготавливаемого силоса;
- определять соответствие полученного силоса по питательности расчетным требованиям.

Сорта кукурузы значительно влияют на урожайность, качество и питательную ценность корма. Выбор правильного гибрида сорта кукурузы на силос начинаем с определения группы гибридов, адаптированных к региону по срокам зрелости, устойчивых к заболеваниям и насекомым, а также к засухе. Более высокие урожаи кукурузы на силос дают гибриды, которые созревают немного раньше, чем те, которые адаптированы для производства зерна (с вероятной задержкой в созревании на 5–10 единиц относительного уровня зрелости).

При интенсивной технологии заготовки кукурузного силоса должны соблюдаться агротехнические требования: механическая обработка почвы, внесение органических и минеральных удобрений, дата посева, густота посева, соблюдение севооборотов, время уборки урожая, длина срезания и др.

Механическую обработку почвы проводят для выравнивания поверхности поля и разрыхления почвы, борьбы с сорняками. Традиционные системы измельчают и вносят практически все пожнивные остатки в почву, а в системах почвозащитного земледелия приблизительно 30 % поверхности почвы при посеве остается покрытой растительными остатками.

Неровная поверхность почвы, насекомые, грызуны, заболевания и более низкая почвенная температура приводят к снижению уровня прорастания и всхожести семян.

Преимущество ранних посевов кукурузы часто не так весомо для силоса, как для зерна.

Качество зерна и уровень переваримости могут снизиться, если поздний посев приведет к вымерзанию несозревшей культуры. Поэтому сначала кукурузу сеют на зерно. В регионах с более длинным вегетационным периодом кукурузу на силос зачастую можно посеять ранним летом и все-таки получить прибыльный урожай силоса. В большинстве хозяйств кукурузу сеют второй культурой после ячменя или пшеницы и получают хорошие результаты при наличии достаточного количества влаги. Поздние посевы часто испытывают стресс из-за насекомых, заболеваний и засухи.

При высокой концентрации растений урожаи кукурузного силоса обычно больше, чем урожаи кукурузы на зерно. Повышение густоты посева на 10–20 % выше рекомендуемых норм для зерна, как правило, увеличит урожаи кукурузного силоса до максимума. Оптимальная густота посева будет варьироваться в зависимости от региона, но зачастую необходимая густота для получения максимального урожая составляет 69–79 тыс. растений на гектар. Влияние повышенной густоты посева на содержание клетчатки, переваримость и концентрацию протеина в целом невелико.

Кукуруза, убранная на силос, забирает из почвы большое количество питательных веществ, из-за чего рекомендуется вносить значительное количество удобрений. Кукурузный силос часто выращивают в севообороте с бобовыми фуражными культурами на почве, в которую долгое время вносился навоз. При повышении доступности азота содержание протеина в кукурузном силосе также увеличивается. Силос с низким содержанием протеина – показатель того, что во время вегетационного периода наблюдался дефицит азота.

Высокое содержание калия в кукурузе на силос нежелательно для некоторых программ кормления коров, и это становится индикатором чрезмерной доступности калия. С этим можно столкнуться на полях, куда долгое время обильно вносили навоз КРС.

К рекомендованному моменту сбора урожая в зернах должно содержаться 55–60 % СВ, в початках – 50–55 % и в листостебельчатой части растения – около 23–25 %, предполагая, что доля початков составляет 50–55 % СВ.

Время уборки урожая определяется также по фазам созревания зерна. В зависимости от доли початков и состояния остаточного растения (зеленое или типа соломы), силосная масса кукурузы будет содержать от 30 до 35 % СВ и до 35 % крахмала в СВ. Ранняя уборка урожая (СВ менее 30 %) кроме снижения питательной ценности расположена к потерям сточных соков, содержащих растворимые углеводы (крахмал и сахар). В то же время при более поздней уборке – переход от молочного-восковой стадии спелости к восковой (небольшое количество пожелтевших листьев) – переваримость всего растения такая же, как и в ранней фазе, но теперь энергия початка будет отличаться своим качеством («байпасным» крахмалом) [4]. Это изменит динамику ферментации кормов в рубце коровы. Выбранная программа кормления подскажет, какую фазу созревания нужно выбрать для кукурузного силоса. Более поздний сбор урожая (позже восковой спелости) не приносит ни прироста продукта, ни повышения качества, ухудшая уплотняемость с увеличивающимся риском образования плесени и последующего термогенеза. Кроме того, повышаются требования к уборочной технике (дробление зерна, укороченная длина сечки и т.д.). Принять правильное решение по установлению срока уборки помогут данные, представленные в табл. 2.

Оптимальный срок уборки урожая определяем по состоянию зрелости початка. Чтобы это выявить, несколько початков кукурузы разламываем пополам. Зерна оптимально зрелые в том случае, если оболочка зерна может быть поцарапана ногтем пальца руки и содержимое зерна твердое, но еще не хрупкое. Место закрепления зерна на початке имеет темно-коричневую окраску.

Не рекомендуется осуществлять уборку урожая при содержании сухого вещества в силосуемой массе менее 30 % вследствие соответствующей потери энергии.

При высоком срезе выход массы в сравнении с нормальной высотой среза уменьшается, при этом повышается концентрация ЧЭЛ в СВ за счет увеличения крахмала, а также увеличивается переваримость и потребляемость кукурузного силоса. При высоком срезе досчитаются более высокие величины энергосодержания (на 0,2 МДж (ЧЭЛ)/кг СВ) при одновременных потерях до 10 % урожая (табл. 3).

Высокий срез благоприятствует результату силосования, так как примесь грязи и вредных микроорганизмов в нижней области стеблей при сборе урожая остается на поле. Если есть подозрение, что в культуре высок уровень нитратов, увеличение высоты среза с 30 до 40 см может быть оправданным, так как содержание нитратов выше в той части стебля, которая находится близко к поверхности почвы. Длина резки зависит от содержания сухих веществ в силосуемой массе. Чтобы правильно установить соотношение кормовых частиц с разной длиной резки, используем нормы и сортирующую систему университета штата Пенсильвания США. Для настройки режущего аппарата кормоизмельчителя уборщика кукурузы воспользуемся данными табл. 4.

Таблица 2. Содержание нерасщепляемого в рубце (усвояемого в кишечнике) крахмала в кукурузном силосе

Содержание СВ, %	Доля початков, %	Содержание крахмала, %	Количество нерасщепляемого крахмала, г/кг силоса
25	30–35	15	20
		20	35
30	45–50	25	65
		30	85
		35	105
35	> 50	30	100
		35	125
		40	140

Таблица 3. Влияние высоты среза на качество урожая кукурузной массы

Дата посева	Высота среза, см	Урожай, ц СВ/га	НДК, % в СВ	КДК, % в СВ	СП, % в СВ
Ранняя	15	255	59,9	34,3	12,2
	30	247	59,6	33,9	12,4
	46	240	59,4	33,6	12,6
Средняя	15	188	52,4	36,5	14,8
	30	180	51,9	36,2	15,1
	46	173	51,4	36,0	15,6
Поздняя	15	138	55,7	33,0	14,1
	30	131	55,3	32,5	14,4
	46	126	54,6	31,8	14,8

Таблица 4. Оптимальная длина резки силосной массы кукурузы для КРС

Содержание сухой массы в момент уборки кукурузы	Рекомендуемая длина резки, мм
< 30 %	11–15
31–35 %	8–10
> 35 %	6–7

Целесообразность применения консервантов достигается при наличии сухих веществ в силосуемой массе не более 45 % и при достижении тестообразной спелости зерен. В других случаях масса хорошо силосуется без консервантов.

Уплотнение силосуемой массы. Плотность массы доводим до 710 кг/м³ или 250 кгСВ/м³. В случаях с меньшей плотностью происходит разогрев массы до температуры 40 °С и выше.

Заполнение хранилища осуществляется не по всей длине, а под углом 35 ° с ежедневным закрытием и герметизацией хранилища (той части, которая выведена на необходимую высоту). Сроки закладки зависят от объемов заготовки, но не более 3–4 дней.

Не рекомендуется укрывать соломой, опилками, кострой, торфом или другими материалами по поверхности укрывной (специальной) пленки.

Зерно кукурузы, выращиваемой на силос, состоит из высокопереваримых веществ, особенно крахмала. В связи с этим оно имеет довольно высокую концентрацию энергии: примерно 11–12 МДж/кг сухого вещества. Содержание 250 г крахмала в 1 кг СВ, что желательно для кормления, достигается только при доле початков > 50 % и восковой спелости зерна. Крахмал кукурузы отличается тем, что часть крахмальных зерен достаточно зрелых растений не подвергается микробному ферментативному перевариванию в рубце, а происходит энергетически более эффективное ферментное переваривание.

Избыток непереваренного крахмала, попадающего в толстый отдел кишечника, повышает риск развития клостридий, способствуя развитию воспалительных процессов в вымени (мастит), копытах.

Главное условие получения высококачественного корма – трамбовка. При этом необходимо особое внимание уделить уплотнению массы у стен. Разравнивание и уплотнение силосной массы должно проводиться по мере ее поступления в хранилище. Для этого рекомендуется применять погрузчики «Амкодор-332С», «Амкодор-352С-02» и другие модели подобного типа машин. Подойдут тракторы «К-700/701», оборудованные дугами безопасности кабины и догрузателями веса для обеспечения трамбовки силосной массы из расчета до плотности 800–850 кг/м³, при этом температура массы не должна повышаться выше 35–37 °С.

В случае разогрева массы выше 37 °С проводят дополнительную трамбовку. В недостаточно уплотненной массе резко повышается температура и вместо оптимальной (36–38 °С) достигает 55–70 °С, при которой белок корма практически полностью переходит в недоступное для животных состояние, а количество энергии в силосе снижается на 15 % и более. Укрытие силосной массы проводится цельным полотнищем полимерной пленки, обеспечивающей стопроцентную герметизацию корма. Пленка прижимается мешками с гравием или отсевом камней либо другим материалом.

Заключение

Обобщая представленную информацию, можно сделать вывод, что внедрение инновационных технологий заготовки силоса из кукурузы для высокопродуктивных коров способствует сокращению потерь питательных веществ в кормах, повышению поедаемости, усвояемости, сохранности, экономии ресурсов и, как следствие, увеличению продуктивности животных. Качество кукурузного силоса зависит от соблюдения технологии выращивания, заготовки, хранения, подготовки к скармливанию животным.

Список использованных источников

1. Андреев, А. И. Влияние разных видов силоса в рационах дойных коров на качество сливочного масла // А. И. Андреев, В. Н. Пронин, В. И. Чикунова // Вестник Саратовского Гос. аграрн. университета им. Н. И. Вавилова. – 2012. – № 9. – С. 3–5.
2. Влияние разных видов силоса на продуктивность дойных коров, состав и свойства молока [Электронный ресурс] – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-raznyh-vidov-silosa-na-produktivnost-doinyh-korov-sostav-i-svoystva-moloka>. – Дата доступа : 02.04.22.
3. Технология заготовки силоса. [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://www.kaicc.ru/otrasli/pticevodstvo/kormoproizvodstvo-tehnologija-zagotovki-silosa>. – Дата доступа : 30.03.22.
4. Эффективность кормления : кукуруза сухая или влажная? [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://milkua.info/ru/post/effektivnost-kormlenia-kukuruza-suhaa-ili-vlaznaa>. – Дата доступа : 02.04.22.
5. Инновационные технологии заготовки высококачественных кормов / В. Федоренко и др. М. – 2017. – 196 с.

Е.Л. Жилич, Ю.Н. Рогальская, О.Л. Екельчик

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

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕЛИЧИН ВАКУУММЕТРИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ В СУЩЕСТВУЮЩИХ ДОИЛЬНЫХ АППАРАТАХ ДЛЯ КРС

Аннотация. Одним из основных вредных факторов при доении, безусловно, является травмирование внутренних тканей вымени, альвеол, микрокапилляров кровеносной системы из-за слишком сильного вакуума, используемого в современных доильных аппаратах. Именно поэтому автоматизация технологии производства молока невозможна без понимания физиологии и этологии животных, которая должна учитываться при реализации любого, даже самого незначительного процесса. Чтобы уберечь молочную железу коровы от пагубного воздействия вакуумметрического давления, к конструкциям современных доильных аппаратов предъявляется ряд технических, ветеринарных и физиологических требований. Ввиду этого некоторые производители предлагают линейку доильных аппаратов с регулируемой величиной вакуумметрического давления в начале и в конце молокоотдачи, применение которых позволит предотвратить травмирование сосков вымени, практически исключить заболевание коров маститом, а также увеличить молокоотдачу на 20–25 %.

Ключевые слова: молоко, доение, доильный аппарат, доильный стакан, вакуум, продуктивность, молокоотдача, сосок, мастит, вымя, режим, физиология, такт, частота, сжатие, сосание, отдых, наполнение, травмирование, кроводои.

E. L. Zhilich, Yu. N. Rogalskaya, O. L. Ekelchik

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

STUDIES OF VACUUM PRESSURE VALUES IN EXISTING MILKING MACHINES FOR CATTLE

Abstract. One of the main harmful factors during milking, of course, is injury to the internal tissues of the udder, alveoli, microcapillaries of the circulatory system due to too strong vacuum used in modern milking machines. That is why automation of milk production technology is impossible without understanding the physiology and ethology of animals, which should be taken into account when implementing any even the most insignificant process. In order to protect the cow's mammary gland from the harmful effects of vacuum pressure, a number of technical, veterinary and physiological requirements are imposed on the designs of modern milking machines. In view of this, some manufacturers offer a line of milking machines with adjustable vacuum pressure at the beginning and at the end of the milk delivery, the use of which will prevent injury to the udder nipples, practically eliminate the disease of cows with mastitis, as well as increase milk output by 20–25 %.

Keywords: milk, milking, milking machine, milking cup, vacuum, productivity, milk output, nipple, mastitis, udder, regime, physiology, tact, frequency, compression, suction, rest, creeping, injury, bleeding.

Введение

Рост молочной продуктивности зависит не только от генетического потенциала коров, но и от применяемого оборудования, и в первую очередь это относится к доильному оборудованию, так как оно непосредственно контактирует с животным в процессе доения.

На сегодняшний день отечественными и зарубежными производителями выпускается довольно большой ряд доильных аппаратов, которые в той или иной степени стремятся соответствовать физиологическим требованиям животных, в частности, изменяют режимы работы в процессе доения при снижении скорости молокоотдачи. Однако при использовании такого оборудования не удалось полностью избавиться от жесткого (более 50 кПа) и нестабильного вакуума, приводящего к травмированию вымени в процессе доения.

Именно поэтому основным направлением развития технологии машинного доения, в частности, уменьшения величины вакуумметрического давления в камерах доильного стакана является применение в доильных аппаратах «щадящего» режима работы. Национальный комитет по маститу рекомендует использовать в доильном оборудовании величину вакуумметрического давления в пределах от 36 до 42 кПа. В свою очередь, в соответствии с международными стандартами ISO 5707 и ISO 6690, вакуумметрическое давление должно быть в пределах от 32 до 42 кПа с целью обеспечения быстрого, полного и щадящего доения коров [1–4]. Такой диапазон вакуумного давления позволяет снизить до минимума вредное воздействие вакуумметрического давления на сосок.

Основная часть

Одним из основных вредных факторов при доении, безусловно, является травмирование внутренних тканей вымени, альвеол, микрокапилляров кровеносной системы из-за слишком сильного вакуума, используемого в современных доильных аппаратах. Именно поэтому автоматизация технологии производства молока невозможна без понимания физиологии и этиологии животных, которая должна учитываться при реализации любого, даже самого незначительного процесса.

Сильное влияние повышенного вакуумметрического давления проявляется на сосках коровы в основном по завершении истечения молока, так как при этом вакуумметрическое давление, которое действует на соски, увеличивается и оказывает воздействие на внутренние, в меньшей степени защищенные части сосков. При передержках доильных стаканов вакуумметрическое давление продолжает оказывать влияние на соски, что, в свою очередь, приводит к болевым ощущениям у коров.

Повреждение вакуумметрическим давлением клеток эпителия приводит к попаданию в молоко крови, которую зрительно невозможно определить – это скрытые кроводои. Систематические болевые ощущения могут привести к торможению молокоотдачи и вызвать у коров негативную реакцию на машинное доение. Это приводит к неполному выдаиванию и снижению удоев. Вдобавок скрытые кроводои при машинном доении сильно повышают вероятность заболевания коров маститом [4].

Чтобы уберечь молочную железу коровы от пагубного воздействия вакуумметрического давления к конструкциям современных доильных аппаратов предъявляются технические, ветеринарные и физиологические требования, а именно:

- способность активизировать функцию вымени (спровоцировать выработку гормона окситоцина) перед доением и сохранить ее в процессе доения;
- возможность сохранения состояния лактационной доминанты в процессе доения;
- необходимость обеспечить защиту молочной железы от патологического воздействия вакуумметрического давления во время доения и после его завершения.

Пагубное воздействие вакуумметрического давления может проявляться на всех этапах доения.

Наиболее распространенным и наиболее сильным негативным проявлением вредного воздействия вакуума на вымя коровы является так называемое «сухое доение», возникающее в конце молокоотдачи. Сухое доение – это неизменный спутник машинного способа получения коровьего молока. При традиционной технологии машинного доения аппаратом попарного доения, из-за неравномерности развития вымени менее развитые четверти неизбежно доятся всухую, «дожидаясь» окончания молокоотдачи из более развитых, именно поэтому «сухое» доение является главной причиной травм вымени и развития мастита.

Также при снижении цистерального давления в конце молокоотдачи до 0,7–1,3 кПа соски начинают расслабляться, и в доильные стаканы под сосковую резину может проникнуть воздух, а именно под воротник сосковой резины, вследствие чего доильные стаканы начинают все глубже засасывать соски, перекрывая переход от железистой части цистерны вымени к сосковой и, таким образом, истечение молока может прекратиться, хотя корова выдоена не полностью [4, 5].

Вследствие такого пережатия сосков доильными стаканами образуются кругообразные утолщения у их основания, а также ороговение соскового канала, из-за чего соски со временем трескаются и кровоточат, что приводит к закупорке соскового канала у верхушки соска, а также уплотнению тканей и их отекам.

Однако холостое доение может возникнуть не только в конце процесса доения, но и в начале. С момента выброса окситоцина до подключения коровы должно пройти 1–2 минуты. Если в цистерне вымени у коровы содержится только незначительное количество молока (от 0–20 % общего количества молока в вымени) и, если при подготовке к доению не проведена стимуляция истечения молока из альвеол вымени, молокоотдача также может прекратиться.

Помимо холостого доения в конце и начале молокоотдачи негативное влияние оказывает жесткий вакуум (более 50 кПа), используемый непосредственно в процессе доения для удержания на сосках тяжелых металлических стаканов, что также приводит к разрушению внутренних тканей вымени.

Для устранения негативного воздействия вакуума в процессе доения производители выпускают доильные аппараты с увеличенным объемом коллектора. Если коллектор будет иметь меньший объем, то при высокой скорости молокоотдачи в процессе доения молоко не будет успевать эвакуироваться из коллектора, вакуум перекроется молоком и станет нестабильным. Нестабильный вакуум в больших диапазонах вызывает дискомфорт у коровы и приводит к травмированию.

В настоящее время установлено, что до 97 % разового удоя молока переходит из альвеолярного отдела в цистерну вымени условно рефлекторно. Вот почему, очень важно соблюдать все подготовительные операции при технологии машинного доения, так как их нарушение приводит к торможению условного рефлекса молокоотдачи [5, 6]. Помимо правильности проведения подготовительных операций, одним из основных факторов получения высоких удоев является соблюдение рабочего режима доильного аппарата, т.е. величины подсоскового и межстенного вакуума, а также характера их изменения в доильных стаканах в зависимости от частоты пульсаций и соотношения тактов «сжатия», «сосания» и «отдыха». Отмечено, что по абсолютным величинам каждого из этих параметров в нашей стране и за рубежом до настоящего времени нет единого мнения, поэтому фирмы различных стран разрабатывают доильные аппараты, режимы которых значительно отличаются друг от друга. Некоторые производители предлагают линейку доильных аппаратов с регулируемой величиной вакуумметрического давления в начале и в конце молокоотдачи [5]. Применение таких аппаратов позволяет предотвратить травмирование сосков вымени, практически исключить заболевание коров маститом и увеличить на 20–25 % молокоотдачу. Значения величин вакуумметрического давления в наиболее распространенных отечественных и зарубежных доильных аппаратах представлены в табл. 1.

Помимо величины вакуумметрического давления также важна частота пульсаций и соотношение времени тактов. Вариации рекомендуемой величины частоты пульсаций находятся в пределах от 0,7 до 2 Гц (40–120 пульсаций) в минуту.

Таблица 1. Значения величин вакуумметрического давления в отечественных и зарубежных доильных аппаратах

Отечественные доильные аппараты		Зарубежные доильные аппараты	
Марка	Величина вакуумметрического давления, кПа	Марка	Величина вакуумметрического давления, кПа
УПД-07.000	48±1	StimoPuls V	48
АДУ-1-01	46–48	AutoPuls	48
АДУ-1-02	51–53	IS-100	50
АДН-1	42±2	IS-160 AT	50
АДС-1	50–52	Profitmilk	32/50/32
АДС-24	35/48	Duovac 300B	32/50/32
ПАД-00	33/50	Duovac HCC 150	38/46/38

В зависимости от скорости молокоотдачи в разные периоды лактации и индивидуальных особенностей коров, в пульсаторе доильного аппарата могут быть установлены следующие соотношения тактов сосания и сжатия: 50:50; 60:40; 65:35; 70:30. Чем меньше такт сосания, тем больше времени отводится на восстановление кровообращения в сосках, но при этом замедляется процесс доения. Наибольшее распространение получили пульсаторы с соотношением тактов сосания и сжатия 60:40, в этом случае у животного нормально проходит процесс выведения молока из вымени и восстановления кровообращения в сосках.

При соотношении тактов 50:50 процесс доения несколько замедляется, но при этом увеличивается время сжатия, что позволяет восстановить кровообращение сосков вымени, и снизить риск заболевания коров маститами. Соотношение 50:50 рекомендуется для доения высокопродуктивных животных с высокой скоростью молокоотдачи в первые минуты для предотвращения «мокрого доения». Соотношения 65:35 и 70:30 применяются, когда необходимо увеличить скорость молокоотдачи и сократить продолжительность доения. Однако в этом случае из-за сокращения времени сжатия и нарушения кровообращения в сосках более часто возникают случаи заболевания коров маститом.

Соотношение тактов большинства двухтактных доильных аппаратов колеблется в пределах 50:50 (некоторые имеют более продолжительный такт сосания, равный 70–80 % от общего времени цикла). Практика эксплуатации доильных аппаратов и исследования различных отечественных и зарубежных ученых показали, что значительную часть рабочего цикла доильное оборудование действует в условиях нестабильного вакуумного режима. Практически все производители сходятся в одном мнении, что первостепенная роль не в абсолютном значении того или иного параметра, а в его стабильности на протяжении всего времени доения или изменения в соответствии с индивидуальными физиологическими особенностями коров при выделении молока [5, 6].

Отечественными и зарубежными учеными при исследовании машинной технологии доения отмечается, что нельзя допускать отступлений от номинального числа пульсаций. Также установлено, что для доения большинства коров может использоваться вакуум от 33 до 40 кПа, при этом минимальный вакуум для тугодойных коров составляет порядка 26–33 кПа, а для слабодойных 6–10 кПа [7–9].

Для управления вакуумным режимом в зависимости от скорости молоковыведения некоторые ученые предлагают использовать различные датчики потока молока и пневмомеханические исполнительные механизмы.

Колебания вакуума, возникающие в процессе доения в подсосковом пространстве в интервале от 9,7 до 19,9 кПа, снижают удой молока на 1,9–2,5 %, а интенсивность молокоотдачи при этом снижается на 0,96–0,15 л/мин, что в свою очередь приводит к появлению субклинической формы мастита [10].

Таким образом, направление исследований доильных аппаратов должно происходить как в направлении создания управляемого и стабильного вакуумного режима, так и в совершенствовании конструкции подвесной части и доильных стаканов, более полно отвечающих физиологическим особенностям строения вымени коров, обеспечивая адекватные физиологии животных режимы доения.

Заключение

Особенно опасны на сегодняшний день жесткий и нестабильный вакуум, а также передержка доильных стаканов на сосках, когда молокоотдача уже прекратилась. Такое вредное воздействие вакуума в скором времени приведет к чрезмерному появлению заболеваний вымени у животного, таких, как мастит, травматизм альвеол и всевозможные воспаления.

Дальнейшему повышению производительности труда, увеличению производства молока, снижению его себестоимости и повышению рентабельности может способствовать внедрение в практику принципиально новых технологий и устройств для машинного доения, в которых за счет регулирования вакуумметрического давления в межстенной и подсосковой камерах можно добиться повышения физиологичности процесса машинного доения.

Список использованных источников

1. Lazovic, Dr. Milking-time test : methodology and assessment of vacuum recordings during machine milking of dairy cows. Second cycle. A2E. Uppsala : SLU, Dept, of Animal Nutrition and Management. – 2016. – 29 p.
2. ISO 5707. Milking machine installations – Construction and performance. – Geneva, Switzerland : The International for Standardization Organization. – 2007. – 52 p.
3. ISO 6690. Milking machine installations – Mechanical tests. – Geneva, Switzerland : The International for Standardization Organization. – 2007. – 46 p.
4. Ракевич, Ю. А. Выбор оптимального вакууметрического давления для доения коров / Ю. А. Ракевич, В. И. Передня // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве : Сборник научных статей Международной научно-практической конференции, Минск, 21–23 ноября 2018 г. – Минск : БГАТУ. – 2018. – С. 465–468.
5. Передня, В. И. Технологии и оборудование для доения коров и первичной обработки молока : Пос. / В. И. Передня, В. А. Шаршунов, А. В. Китун. – Минск : Минсанта. – 2016. – 975 с.
6. Бондарев, С. Н. Методика подбора сосковой резины для дойного стада / С. Н. Бондарев, А. В. Китун // Агродипломат. 2016. – № 6. – С. 39–42.
7. Королев, В. Ф. Доильные машины / В. Ф. Королев. – М., Машиностроение. – 1969. – 279 с.
8. Залевский, Ю. И. Обоснование параметров и разработка системы регулирования вакуума при доении коров на крупных молочных фермах и комплексах : дис. ... к-та техн. наук : 05.20.01 / Ю. И. Залевский. – Москва. – 1995. – 156 с.
9. Савран, В. П. Зоотехнические основы совершенствования технологии и автоматизации доения коров на фермах промышленного типа : автореферат дис. ... д-а сельскохозяйственных наук : 06.02.04 / Укр. с. х. академия. – Киев. – 1991. – 48 с.
10. Админ, Е. И. Доение коров на фермах промышленных комплексов / Е. И. Админ. – 2-е изд., доп. и перераб. Киев : Урожай. – 1980. – 144 с.

Е.Л. Жилич, Ю.Н. Рогальская

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

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ДОИЛЬНОГО СТАКАНА

Аннотация. Основной проблемой реализации процесса извлечения молока из вымени при машинном доении является отрицательное воздействие доильных аппаратов на молочную железу животного. Неадекватность действия исполнительной системы доильного аппарата наносит значительный ущерб животноводческим хозяйствам за счет существенного снижения их продуктивности. Проанализировав существующие конструкции доильных аппаратов, разработанных и эксплуатируемых как в стране, так и за рубежом, можно сделать вывод о том, что доильного аппарата, полностью отвечающего физиологическим и морфологическим потребностям животного, на данный день производителями не предложено. В работе рассмотрены конструктивные особенности исполнительного механизма доильного аппарата, в частности, доильного стакана, применение которого позволит более полно выдаивать животное, соответственно улучшить физиологичность процесса доения, а также повысить производительность труда за счет исключения додаивания.

Ключевые слова: доение, доильный аппарат, доильный стакан, наползание, спадание, физиологичность, сосковая резина, клапан, патрубок, вакуум, давление, камера присоска, оголовок, уплотнитель, кольцо, мастит, травмирование.

E. L. Zhilich, Yu. N. Rogalskaya

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

JUSTIFICATION OF DESIGN PARAMETERS THE MILKING CUP BEING DEVELOPED

Abstract. The main problem of the process of milk extraction from the udder during machine milking is the negative impact of milking machines on the mammary gland of the animal. The inadequacy of the executive system of the milking machine causes significant damage to livestock farms, due to a significant reduction in their productivity. Having analyzed the existing designs of milking machines developed and operated both in the country and abroad, it can be concluded that the milking machine that fully meets the physiological and morphological requirements of the animal has not been offered by manufacturers to date. The paper considers the design features of the executive mechanism of the milking apparatus, in particular the milking cup, the use of which will allow the animal to be milked more fully, respectively, improve the physiology of the milking process, as well as increase the productivity of labor by eliminating milking.

Keywords: milking, milking machine, milking cup, creeping, falling off, physiology, nipple rubber, valve, nozzle, vacuum, pressure, suction cup chamber, head, sealer, ring, mastitis, injury.

Введение

На сегодняшний день современные доильные аппараты, используемые на молочно-товарных фермах и комплексах, не полностью отвечают физиологическим потребностям животных, поскольку для извлечения молока в них используется глубокий вакуум вместо положительного давления и небольшого вакуума, которые образуются при высасывании молока теленком при естественных условиях. Поэтому такие аппараты вызывают болевое раздражение и могут стать причиной мастита, особенно в условиях промышленного стада, когда время доения коров колеблется в значительных пределах и практически невозможно избавиться от простоев или перерывов доильных аппаратов на вымени уже выдоившихся коров [1, 2].

Основной проблемой реализации процесса извлечения молока из вымени при машинном доении является отрицательное воздействие доильных аппаратов на молочную железу животного. Неадекватность действия исполнительной системы доильного аппарата, а также технологических и технических параметров с физиологическими требованиями животных наносят значительный ущерб животноводческим хозяйствам, за счет существенного снижения их продуктивности [3].

Дальнейшее развитие технологии машинного доения должно способствовать улучшению и сохранению физиологии животных за счет снижения нагрузки на вымя путем уменьшения величины вакуумметрического давления до оптимальных значений в камерах доильного стакана.

Основная часть

Проанализировав существующие конструкции доильных аппаратов, разработанных и эксплуатируемых как в стране, так и за рубежом, можно сделать вывод о том, что доильного аппарата, полностью отвечающего физиологическим и морфологическим потребностям животного, на данный день производителями не предложено.

Исходя из этого, нами сформулирована цель исследований, а именно разработка нового исполнительного механизма доильного аппарата, обеспечивающего улучшение технико-экономических показателей работы и физиологичности процесса (за счет недопущения наползания доильных стаканов на соски вымени в процессе доения).

Задачами исследований являются: на основе проведенного анализа аналитических исследований, а также известных технических решений существующих отечественных и зарубежных доильных аппаратов разработать новую конструкцию доильного стакана, позволяющую предотвратить травмирование сосков вымени вследствие наползания или спадания его в процессе доения; обосновать основные конструктивные параметры доильного стакана, обеспечивающего полноту выдаивания и удержание его на вымени в процессе доения; изучить влияние разработанного доильного стакана на физиологию животных и заболеваемость вымени коров маститом.

На рис. 1 представлен инновационный доильный стакан в продольном разрезе в режиме «сосания» и в режиме «сжатия».

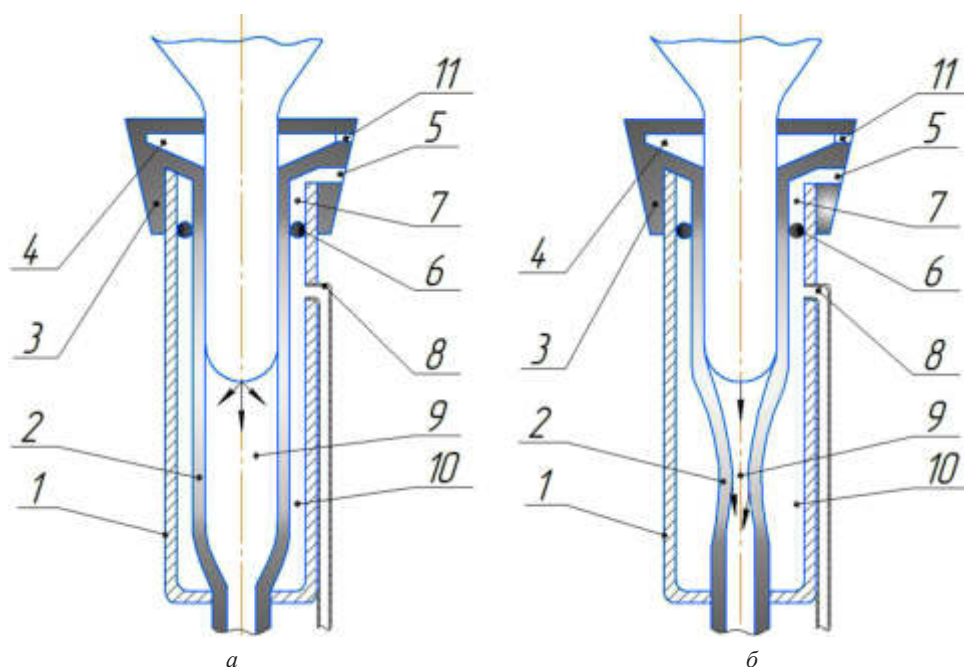


Рис. 1. Инновационный доильный стакан: а – в такте «сосания»; б – в такте «сжатия»; 1 – корпус; 2 – резина; 3 – оголовок; 4 – камера присоска; 5 – отверстия калиброванные; 6 – уплотнитель; 7 – камера удерживающая; 8 – патрубков переменного давления; 9 – камера подсосковая постоянного вакуума; 10 – камера межстенная переменного давления; 11 – клапан

Указанные задачи достигаются тем, что:

- в оголовке сосковой резины 3 разработанного доильного стакана сделано калиброванное отверстие 5 и установлен уплотнитель 6, образующий удерживающую камеру 7 с постоянным атмосферным давлением;
- патрубок 8, предназначенный для образования переменного давления, установлен под уплотнителем;
- установлен клапан 11, предназначенный для более быстрого и щадящего снятия доильных стаканов с вымени в конце процесса доения.

Установка уплотнителя внутри оголовка, под камерой присоска сосковой резины, позволяет образовать воздушную камеру вокруг соска и, соединив ее с атмосферой посредством калиброванного отверстия, получить удерживающую камеру с постоянным атмосферным давлением, которая опоясывает сосок животного и плотно прижимает сосковую резину к соску, не давая ей возможности напоздать или сползть с соска в процессе доения, тем самым устраняя травмирование сосков вымени, что усиливает рефлекс молокоотдачи.

Крепление патрубка переменного давления предложено выполнить под уплотнителем, а не снизу корпуса, как в существующих доильных стаканах, что позволит подавать атмосферный воздух в камеру переменного давления не снизу вверх под сосок, а прямо на сосок, прижимая сосковую резину к соску, что позволит прогибать ее, начиная от кончика соска и ниже, а следовательно, позволит избежать обратного оттока молока из коллектора в подсосковую камеру и удара молока по кончику соска.

Также, в качестве альтернативы, вместо уплотнительного кольца, как отдельного элемента, можно изготавливать сосковую резину с литым уплотнительным кольцом, которое будет плотно прилегать к доильному стакану, образуя удерживающую камеру (рис. 2).

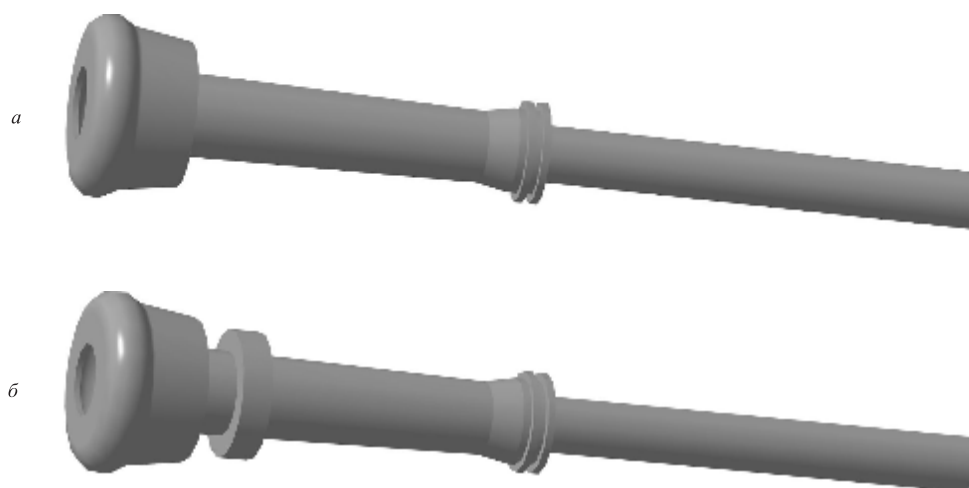


Рис. 2. Сосковая резина: *а* – без уплотнительного элемента; *б* – с уплотнительным элементом

Для разных видов сельскохозяйственных животных существуют свои параметры уровня вакуума, частоты и фазы пульсации. Для того чтобы техника отлично работала, ее необходимо правильно настроить для получения желаемого уровня продуктивности. Именно поэтому необходимо грамотно подходить к выбору величины вакуумметрического давления в камерах доильного стакана при проектировании доильного оборудования.

Исходя из вышеизложенного, определим величину разрежения, достаточную для удержания подвесной части доильного аппарата (с предлагаемой конструкцией доильного стакана) на сосках вымени коровы.

Первоначально необходимо определить величину вакуумметрического давления, достаточную для удержания подвесной части доильного аппарата на сосках вымени коровы. Расчетная схема к определению сил в доильном стакане представлена на рис. 3.

Доильный стакан будет удерживаться на вымени коровы в том случае, если будет справедливо неравенство:

$$mg < S_{\text{ст}} p + F_{\text{пр}} + F_{\text{тр}} \cdot \cos \alpha \quad (1)$$

где m – масса доильного аппарата (его подвесной части), кг; g – ускорение свободного падения, м/с²; $S_{\text{ст}}$ – площадь доильного стакана, м²; p – величина вакуума в подсосковой камере доильного стакана, Па; $F_{\text{пр}}$ – сила, удерживающая доильный стакан на сосках вымени за счет остаточного вакуума в присоске, Н; $F_{\text{тр}}$ – сила трения соска по сосковой резине, Н; α – угол отклонения плоскости сосковой резины от вертикали, град.

Преобразовав неравенство (1) относительно величины вакуума p , получим следующее [3]:

$$p > \frac{mg - F_{\text{пр}} - F_{\text{тр}} \cdot \cos \alpha}{S_{\text{ст}}} \quad (2)$$

Масса подвесной части доильного аппарата включает в себя:

- массу доильных стаканов с резиной $m_{\text{ст}}$;
- массу коллектора $m_{\text{кол}}$;
- массу вакуумметрических и молокоотводящих патрубков $m_{\text{патр}}$;
- массу молока, находящуюся в данный момент в коллекторе $m_{\text{мол}}$.

Следовательно, массу подвесной части найдем по формуле

$$m = m_{\text{ст}} + m_{\text{кол}} + m_{\text{патр}} + m_{\text{мол}} \quad (3)$$

Силу, удерживающую доильный стакан на сосках вымени за счет остаточного вакуума в присоске, находим согласно следующему выражению:

$$F_{\text{пр}} = \pi \cdot d_{\text{с}} \cdot b_{\text{пр}} \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot p_{\text{пр}} \quad (4)$$

где $d_{\text{с}}$ – диаметр соска (у основания), м; $b_{\text{пр}}$ – высота присоски, м; f_1 – коэффициент трения соска по присоске; f_2 – коэффициент трения соска по присоске, который зависит от влажности соска; $p_{\text{пр}}$ – величина вакуума в присоске доильного стакана, Па.

В свою очередь величину вакуума в присосковой камере найдем по формуле

$$p_{\text{пр}} = \frac{p \cdot S_{\text{кон}} \cdot K_1 \cdot f_{\text{мп}}}{d_{\text{с}} \cdot b_{\text{пр}} \cdot f_{\text{мп}}}, \quad (5)$$

где $S_{\text{кон}}$ – площадь контакта соска и присоски, м²; K_1 – коэффициент, характеризующий эллипсообразность соска.

После соответствующих подстановок и преобразований получим выражение для определения силы, удерживающей доильные стаканы на сосках вымени за счет остаточного вакуума в присоске [4, 5]:

$$F_{\text{пр}} = d_{\text{с}} \cdot b_{\text{пр}} \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot K_1 \cdot p. \quad (6)$$

Сила трения соска по сосковой резине находится по следующей зависимости:

$$F_{\text{тр}} = F_{\text{у}} \cdot f_3 \cdot f_4, \quad (7)$$

где $F_{\text{у}}$ – величина усилия, развиваемого соском от действия вакуума, Н; f_3 – коэффициент трения соска по сосковой резине; f_4 – коэффициент трения соска по сосковой резине, зависящий от влажности соска.

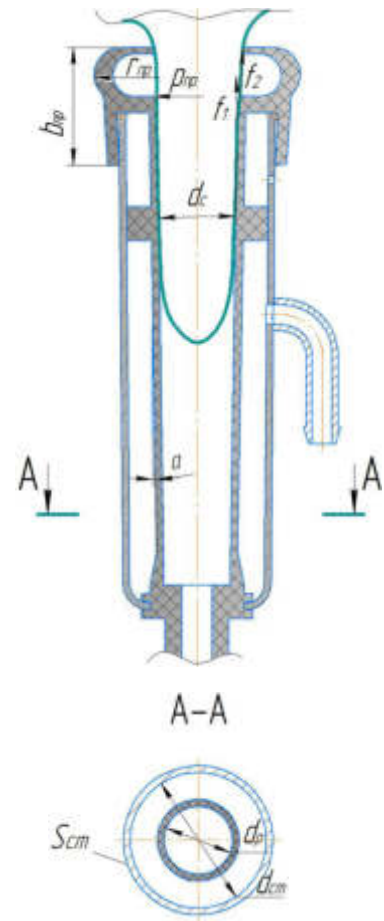


Рис. 3. Расчетная схема к определению сил в доильном стакане

Величину усилия, развиваемого соском от действия вакуума, найдем согласно выражению [6]:

$$F_y = p_k \cdot S_k, \quad (8)$$

где p_k – контактное давление соска на сосковую резину, Па; S_k – площадь контакта соска и сосковой резины, м².

Контактное давление соска на сосковую резину найдем по формуле

$$p_k = \frac{(1 - \mu_2)r_{02}^2 \cdot (p_{пр} + p)r_2^2 + (1 + \mu_2)r_k^2 r_2^2 \cdot (p_{пр} + p) - U_2 E_2 (r_k^2 - r_2^2)r_{02}}{(1 - \mu_2)r_{02}^2 r_k^2 + (1 + \mu_2)r_2^2 r_k^2}, \quad (9)$$

где μ_2 – коэффициент поперечной деформации соска, получаемый эмпирическим (опытным) путем; E_2 – переменный модуль упругости соска, получаемый эмпирическим (опытным) путем, Н/м²; r_{02} – радиус соска, получаемый эмпирическим (опытным) путем, м; U_2 – радиальное перемещение соска, м; p_2 – внутрисосковое давление, Па; r_2 – радиус молокоотводящего канала соска вымени, м.

После соответствующих подстановок и преобразований получим выражение для определения силы, удерживающей доильный стакан [5–7]:

$$F = \frac{\pi d_c l_c f_1 \left[(1 - \mu_2)r_{02}^2 (p_{пр} + p)r_2^2 + (1 + \mu_2)r_k^2 r_2^2 \cdot (p_{пр} + p) - U_2 E_2 (r_k^2 - r_2^2)r_{02} \right]}{(1 - \mu_2)r_{02}^2 r_k^2 + (1 + \mu_2)r_2^2 r_k^2}. \quad (10)$$

Следовательно, величина вакуумметрического давления в подсосковой камере доильного стакана, необходимая для удержания доильного стакана на вымени, должна подбираться согласно заданному условию [6]:

$$p > \frac{mg - \frac{\pi d_c l_c f_1 \left[(1 - \mu_2)r_{02}^2 (p_{пр} + p)r_2^2 + (1 + \mu_2)r_k^2 r_2^2 \cdot (p_{пр} + p) - U_2 E_2 (r_k^2 - r_2^2)r_{02} \right] \cos \alpha}{r_k^2 r_2^2 \left[(1 - \mu_2)r_{02}^2 + (1 + \mu_2)r_2^2 \right]}}{\frac{\pi d_c^2}{4} + d_c b_{пр} f_{пр} K_1 + \frac{\pi d_c l_c f_1 r_2^2 \left[(1 - \mu_2)r_{02}^2 + (1 + \mu_2)r_k^2 \right] \cos \alpha}{r_k^2 r_2^2 \left[(1 - \mu_2)r_{02}^2 + (1 + \mu_2)r_2^2 \right]}}. \quad (11)$$

Величина вакуумметрического давления напрямую влияет на эффективность процесса доения, поскольку малая величина вакуума может привести к спаданию доильных стаканов в процессе доения, что приведет к его неэффективности, ввиду того, что будет затрачено дополнительное время на одевание спавших доильных стаканов, а также процесс выдаивания будет проходить не полностью. Избыточная же величина вакуумметрического давления может стать причиной напоя доильных стаканов, а также может привести к травмированию вымени вследствие пережатия молочных каналов и жесткого воздействия вакуума на внутренние ткани. Следовательно, необходимо увязать конструктивные параметры доильного аппарата и используемых доильных стаканов с величиной вакуумметрического давления.

Заключение

Качество работы современных доильных аппаратов определяется, в основном, интенсивностью стимуляции, воспроизводящей рефлекс молокоотдачи, и безопасностью доения. Существующие разнообразные конструкции доильных аппаратов, среди которых наибольшее распространение получили аппараты, позволяющие регулировать величину вакуумметрического давления в зависимости от скорости молокоотдачи, зачастую дают отрицательные результаты, такие как травмирование сосков вымени, приводящее к заболеванию коров маститом.

Несоответствие исполнительной системы доильного аппарата, технологических и технических параметров физиологическим потребностям наносит значительный ущерб животноводческим хозяйствам за счет существенного снижения продуктивности животных.

Дальнейшему повышению производительности труда, увеличению производства молока, снижению его себестоимости и повышению рентабельности может способствовать внедрение в практику принципиально новых технологий и устройств для машинного доения, за счет которых можно добиться повышения физиологичности процесса машинного доения.

Предлагаемый доильный стакан позволит более полно выдаивать животное, соответственно улучшить физиологический процесс доения, а также повысить производительность труда за счет исключения додаивания.

Список использованных источников

1. Физиология сельскохозяйственных животных / А. Н. Голиков, под ред. А. Н. Голикова. – М. : Агропромиздат. – 1991. – 432 с.
2. Передня, В. И. Технологии и оборудование для доения коров и первичной обработки молока : Пос. / В. И. Передня, В. А. Шаршунов, А. В. Китун. – Минск : Минсанта. – 2016. – 975 с.
3. Бородин, И. Ф. Автоматизация технологических процессов / И. Ф. Бородин, Ю. А. Судник. Москва : КолосС. – 2004. – 344 с.
4. Ужик, В. Ф. Механизация выращивания высокопродуктивных коров : Уч. пособие. – Редакционно-издательский отдел Белгородского СХИ. – Белгород. – 200 с.
5. Анисько, П. Е. Физиологическое обоснование переменного режима машинного доения коров при автоматическом регулировании вакуума : Автореф. дис ... канд. биол. наук / Белорус. НИИ животноводства. – Жодино. – 1998. – 22 с.
6. Корж, Г. П. Результаты исследования динамики выведения молока из вымени лактирующих животных // Труды / Кубанский ГАУ. – 2004. – Вып. 239. – С. 80–88.
7. Назин, А. А. Разработка и обоснование конструктивно-режимных параметров доильного аппарата с управляемым режимом доения : Автореферат на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Оренбург. – 2004. – 20 с.

Е.Л. Жилич, Ю.Н. Рогальская, В.В. Никончук

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

ТЕРМОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ КОРОВ

Аннотация. Машинное доение коров – один из базовых технологических процессов в производстве молока, от уровня развития которого во многом зависит эффективность молочного скотоводства. Воздействие негативных факторов машинного доения является ведущей причиной поражений сосков вымени высокопродуктивного скота таким заболеванием, как мастит. Известные на данный момент способы и устройства для измерения физиологических показателей молочного стада, контролирующие процесс доения, имеют ограничения в применении в производстве и требуют чрезмерных затрат времени и средств. Кроме того, дальнейшее совершенствование технологии машинного доения требует создания новых методов для раннего выявления различных форм мастита, поэтому одним из новых методов исследования молочной железы крупного рогатого скота является тепловидение, основанное на регистрации видимого изображения собственного инфракрасного излучения поверхности тела с помощью специальных приборов – термографов. В комплексе с другими методами исследования термография позволит определить наличие поверхностных новообразований, которые могут быть скрыты, а также уточнить их размеры и локализацию.

Ключевые слова: инфракрасное излучение, патология, молочная железа, термография, температура, мастит, диагностика, термограмма, тепловизор, метод.

E. L. Zhilich, Yu. N. Rogalskaya, V. V. Nikonchuk

*RUE “SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization”
Minsk, Republic of Belarus,
E-mail: npc_mol@mail.ru*

THERMOGRAPHIC STUDY OF COW MAMMARY GLAND

Abstract: Machine milking of cows is one of the basic technological processes in milk production, the level of development of which largely determines the efficiency of dairy cattle breeding. The impact of the negative factors of machine milking is the leading cause of mastitis in the udder teats of highly productive livestock. Currently known methods and devices for measuring the physiological parameters of the dairy herd, controlling the milking process, have limitations in their use in production and require excessive time and money. In addition, further improvement of the technology of machine milking requires the creation of new methods for the early detection of various forms of mastitis, therefore, one of the new methods for studying the mammary gland of cattle is thermal imaging, based on the registration of a visible image of the body's own infrared radiation using special devices – thermographs. In combination with other research methods, thermography will allow to determine the presence of superficial neoplasms that can be hidden, as well as to clarify their size and localization.

Keywords: infrared radiation, pathology, mammary gland, thermography, temperature, mastitis, diagnostics, thermogram, thermal imager, method.

Введение

Основа термографии – изменение интенсивности инфракрасного излучения патологического очага вследствие усиления кровоснабжения, метаболических процессов или увеличения температуры. Наличие патологического процесса характеризуется одним из трех качественных термографических признаков, а именно: появлением аномальных зон; нарушением нормальной термотопографии сосудистого рисунка; изменением градиента температуры в исследуемой зоне.

Наиболее важными термографическими критериями являются сходство и симметричность теплового рисунка, а также характер распределения температуры (термографическая картина характеризуется симметричностью распределения температур относительно средней линии тела). При обработке полученных термограмм в современных компьютерных термографах имеется возможность построения гистограмм симметрично расположенных областей, что расширяет диагностические возможности метода и повышает его информативность. Термография при диагностировании заболеваний молочной железы коров позволяет получать четкую картину температурного режима вымени, а также оказывает значительную помощь на предварительном этапе определения локализации патологического очага при воспалительных процессах. Даже незначительное воспаление визуализируется на термограмме. При этом здоровые участки окрашены в более холодные цвета спектра, а участки с очагами воспаления – в красный, оранжевый и белый.

Основная часть

На сегодняшний день оценка влияния доильного аппарата на состояние сосков и вымя основана только на визуальных наблюдениях. Известные на данный момент способы и устройства для измерения физиологических показателей молочного стада, контролирующие процесс доения, имеют ограничения в применении в производстве и требуют чрезмерных затрат времени и средств. Кроме того, дальнейшее совершенствование технологии машинного доения требует создания новых методов для раннего выявления различных форм мастита, поэтому одним из новых методов исследования молочной железы крупного рогатого скота является тепловидение, основанное на регистрации видимого изображения собственного инфракрасного излучения поверхности тела с помощью специальных приборов – термографов [1].

Абсолютно все тела, независимо от их природы, испускают электромагнитные волны в достаточно широком диапазоне длин волн, в том числе и инфракрасное излучение, иначе называемое тепловым. Регистрируя инфракрасное излучение обследуемого объекта, тепловизор формирует визуально видимое изображение на своем дисплее. Тепловизионное исследование не требует использования для животных анестезии и не подвергает их воздействию потенциально опасного излучения, поэтому данный диагностический метод абсолютно безвреден, не имеет противопоказаний и может служить средством массового профилактического обследования дойного стада, поскольку позволяет наблюдать изменения в распределении поверхностной температуры на ранних стадиях развития патологий. Также термографию применяют при диспансеризации, в таких случаях термография может использоваться для выявления субклинических форм мастита [2, 3].

Одним из главных условий формирования инфракрасного изображения объекта является наличие температурного контраста или контраста коэффициентов излучения между объектом и фоном, а в пределах контура объекта – между его отдельными элементами.

Любые тела испускают электромагнитные волны, в том числе и инфракрасное или тепловое излучение. Верхняя граница ИК-излучения определяется светочувствительностью человеческого глаза и граничит с видимым светом с длиной волны 0,76 мкм, а нижняя граница достаточно условна, от 1000 до 2000 мкм и перекрывается диапазоном радиоволн.

В ИК-диапазоне есть участки, где излучение достаточно интенсивно поглощается окружающей исследуемый объект атмосферой.

Биологические объекты с температурой в диапазоне от 31 °С до 42 °С излучают в диапазоне 6–50 мкм, а максимум спектральной плотности приходится на длину волны около 10 мкм. В животноводстве основным и наиболее часто используемым рабочим диапазоном тепловизионной аппаратуры являются диапазон от 3 до 5,5 мкм (средневолновой ИК-диапазон, или MWIR) и 8–14 мкм (длинноволновой ИК-диапазон, или LWIR). Именно в этих диапазонах длин волн помехи для их регистрации со стороны окружающей среды минимальны, а излучательная способность наблюдаемых объектов – максимальна.

Говоря о распределении температуры тела, нельзя привести какую-либо норму или средний показатель, универсальный для всех животных. Можно руководствоваться лишь некоторыми особенностями распределения температуры тела и проводить сравнение симметричных участков тела, сопоставив термограмму обследуемого животного с аналогичным здоровым.

Температура кожи у здоровых животных распределяется симметрично относительно оси, расположенной в медианной плоскости тела. Различная температура тела на симметричных участках или участках с разной толщиной кожи и глубиной залегания кровеносных сосудов служит основным критерием для тепловизионной диагностики патологического процесса. Нередко тепловое распределение является более важным диагностическим параметром, чем абсолютная температура. Термограммы, полученные современными тепловизионными приборами, позволяют анатомически точно визуализировать поврежденные участки. Именно поэтому с целью разработки нового неинвазивного метода диагностики воспалений молочной железы на ранних стадиях сотрудниками РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» совместно с сотрудниками РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству» проводилась наработка базы данных для тепловизионной диагностики. Пример полученных термограмм молочной железы здоровой коровы представлен на рис. 1.

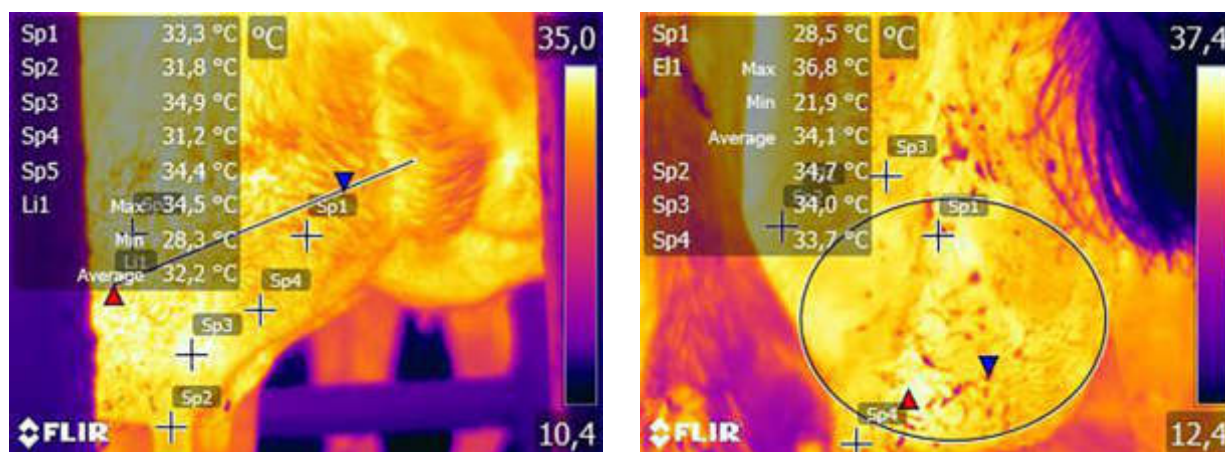


Рис. 1. Термограммы молочной железы здоровой коровы

Наработка базы данных проводилась в РСДУП «Экспериментальная База «Зазерье» РУП НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства с помощью тепловизора ZK-178K. Термограммы молочных желез коров, болеющих маститом, представлены на рис. 2.

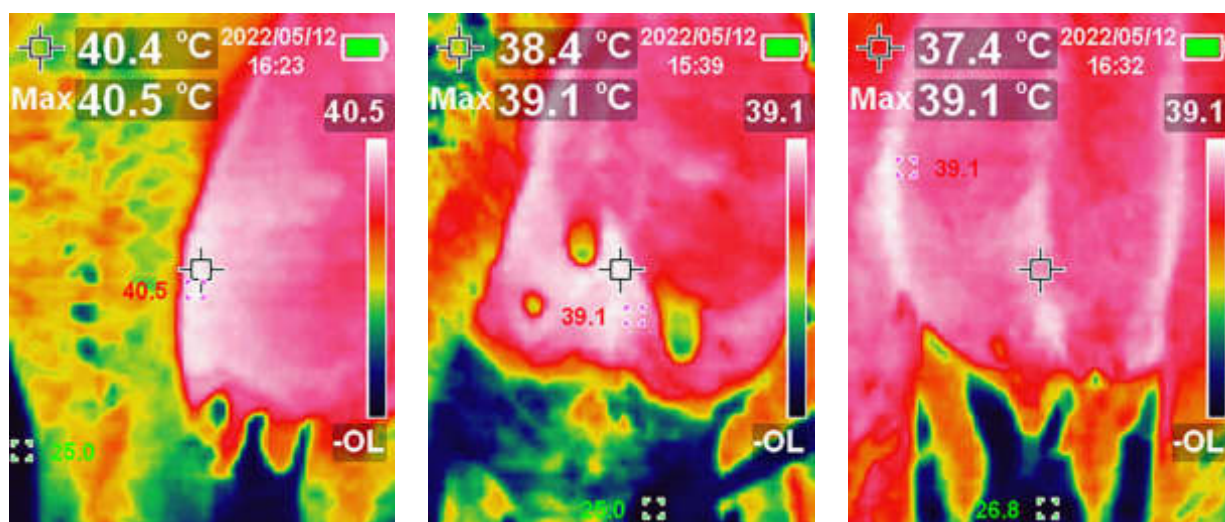


Рис. 2. Термограммы молочных желез коров, болеющих маститом

У здоровых животных в норме присутствие естественных очагов более высокой местной температуры на поверхности тела. Наличие более теплых участков тела может быть связано:

- с отсутствием волосяного покрова;

- с более интенсивным кровоснабжением по сравнению с соседними участками (особенно характерно для высокопродуктивного молочного стада);
- с поверхностно расположенной сосудистой сетью;
- с усиленной теплоотдачей для охлаждения организма.

Поэтому термограмму обязательно следует совмещать с другими методами обследования (осмотр, пальпация, сбор анамнеза). Также необходим индивидуальный подход с учетом единых качественных признаков для отдельных областей тела [2–4].

Таким образом, при интерпретации термограммы необходимо в качестве условной нормы принимать температуру симметричного здорового участка тела, а также учитывать наличие мест с физиологическим повышением местной температуры [5]. Разница температур симметричных участков не должна превышать 0,2–0,4 °С.

В целом на термограммах молочной железы видно, что самая высокая температура отмечается в паховой области вблизи соприкосновения с конечностями и в нижней трети вымени. Это связано с наличием большего количества соединительной ткани по сравнению с другими областями молочной железы.

Однако на окончательный результат измерения и получаемое изображение влияет ряд объективных и субъективных факторов, поэтому для их нивелирования перед тепловизионным исследованием коров тепловизор необходимо адаптировать к температуре окружающей среды [4–6].

Помещение для термографического исследования должно быть закрытым, с постоянной температурой воздуха и без сквозняков, поскольку скачки температур могут значительно повлиять на окончательный результат.

Учитывая принцип работы тепловизионной камеры, на окончательный результат измерения и получаемое изображение влияет ряд объективных и субъективных факторов, которые можно разделить на три группы:

- конструктивные (ограничения технических параметров используемого прибора);
- патофизиологические (выраженность температурных колебаний у животного в патогенезе патологического процесса – хронические воспалительные процессы не характеризуются изменением температуры тела и его отдельных участков) [7];
- физические (условия проводимых измерений, поскольку наличие рядом с исследуемым животным источника более сильного теплового излучения, способного перекрыть таковое от самого животного, будет искажать и размывать тепловизионную картинку) [7, 8].

Таким образом, вышеописанные группы факторов должны быть учтены и по возможности устранены для получения качественной тепловизионной картинки, которая будет иметь диагностическую ценность.

Однако для более точной диагностики патологий молочной железы, помимо вышеуказанных факторов, необходимо проводить обработку термограмм для перехода от радиационных температур, регистрируемых тепловизором, к истинным температурам поверхности [9].

Обработка термограмм сводится к пересчету измеренных значений температур во всех точках термограмм с учетом калибровочной зависимости тепловизора. Обработка термограмм производится либо программными средствами непосредственно тепловизора, либо с помощью ЭВМ путем математической обработки записанного в оцифрованном виде теплового изображения.

Средства обработки термограмм часто встроены в программу, проводящую визуализацию температурного изображения объектов. Для проведения предварительного программного анализа выделяются точки или зоны интереса термограммы ROI (region of interest), в которых наблюдаются статические значения температуры или строятся ее временные зависимости. Проводя линию вдоль или поперек интересующего объекта на термограмме, можно построить температурный профиль, отображающий значения температуры в каждой точке проведенной линии [4–6].

В ходе обработки термограмм различными программными комплексами строятся графики распределения температур (градиент температур) симметрично относительно средней линии тела. Нарушение симметричности графиков служит основным критерием тепловизионной диагностики заболевания.

Заключение

Термография – безвредный и неинвазивный метод исследований, что позволяет применять его многократно, наблюдать процессы в динамике, а также использовать для раннего выявления патологических процессов при воспалении молочной железы коров. В комплексе с другими методами исследования термография помогает определить наличие поверхностных новообразований, которые могут быть скрыты, а также уточняет их размеры и локализацию.

Статические термограммы отображают только пространственное распределение температур поверхности биологического объекта, динамические термограммы отображают как пространственное распределение температур, так и эволюцию этого распределения во времени. Исследования вымени коров, проведенные с применением термографии, свидетельствуют о том, что на термограммах отражается нарушение распределения температур симметрично относительно средней линии тела. Этот симптом служит основным критерием тепловизионной диагностики.

Список использованных источников

1. Шушарин, А. Г. Медицинское тепловидение – современные возможности метода / А. Г. Шушарин, В. В. Морозов, М. П. Половинка // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 4. – С. 1–18.
2. Даденко, А. В. Использование дистанционной инфракрасной термографии в экспериментальной медицине при экстремальных воздействиях (обзор) / А. В. Даденко, В. И. Казьмин // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2016. – № 12 (4). – С. 685–691.
3. Розенфельд, Л. Г. Дистанционная инфракрасная термография в онкологии / Л. Г. Розенфельд, Н. Н. Колотиллов // Онкология. – 2001. – № 3 (2, 3). – С. 103–106.
4. Шушарин, А. Г. Медицинское тепловидение – современные возможности метода / А. Г. Шушарин, В. В. Морозов, М. П. Половинка // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 4. – С. 1–18.
5. Коростелева, Н. И. Биометрия в животноводстве : Учебное пособие / Н. И. Коростелева [и др.]. – Барнаул : Изд-во АГАУ. – 2009. – 210 с.
6. Тепловизионные исследования в ветеринарной медицине : практическое руководство / А. Л. Лях [и др.]. – Витебск : ВГАВМ. – 2021. – 26 с.
7. Скрипаль А.В., Сагайдачный А.А., Усанов Д.А. Тепловизионная биомедицинская диагностика : Учеб. пособие для студ. фак. нано- и биомед. технологий, обучающихся по спец. «Медицинская физика» и направлению «Биомедицинская инженерия». – Саратов. – 2009. – 118 с.
8. Mein G. A., Neijenhuis F., Morgan W. F., Reinemann D. J. et al. Evaluation of bovine teat condition in commercial dairy herds : non-infectious factors // Proceedings of the 2nd International symposium on mastitis and milk quality. – 2001. – P. 347–351.
9. Paulrud C. O., Clausen S., Andersen P. E., Rasmussen M. D. Infrared thermography and ultrasonography to indirectly monitor the influence of liner type and overmilking on teat tissue recovery // Acta vet. Scand. – V.46. – 2005. – P. 137–147.

И.В. Паркалов, Е.Л. Жилич, С.А. Цалко, О.Л. Екельчик, Ю.Н. Рогальская

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

НОВАЦИИ В ТЕХНОЛОГИИ КЛЕТОЧНОГО СОДЕРЖАНИЯ НОРОК В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ

Аннотация. В зависимости от вида разводимых пушных зверей, биологических особенностей, климатических условий, в технологии звероводства применяется несколько систем их содержания: наружно-клеточная, шедовая и в последнее время в практику звероводов Дании и Финляндии входит содержание норок, лисиц и песцов в закрытых помещениях [1]. Без сомнения, эффективность звероводства наряду с селекцией и полноценным кормлением в значительной степени зависит от условий содержания. Считаем, что этот фактор в условиях Беларуси еще недостаточно исследован.

Ключевые слова: шед, клетка, выгул, домик, норка, пушные звери.

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

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

INNOVATIONS IN THE TECHNOLOGY OF THE CELLULAR MAINTENANCE OF MINKS IN THE CONDITIONS OF BELARUS

Abstract. Depending on the type of fur-bearing animals bred, biological characteristics, climatic conditions, several systems of their maintenance are used in animal husbandry technology: outdoor-cellular, shedding, and recently the practice of fur breeders in Denmark and Finland includes the maintenance of minks, foxes and arctic foxes in closed rooms [1]. Without a doubt, the effectiveness of animal husbandry, along with breeding and full-fledged feeding, largely depends on the conditions of detention. We believe that this factor, in the conditions of Belarus, has not yet been sufficiently investigated.

Keywords: shed, cage, walking, house, mink, fur-bearing animals.

Введение

Объектами исследований являются конструкторские особенности технологии систем содержания норок (шеды, клетки и др.).

Цель работы – разработка нормативных требований к содержанию норок отечественной и зарубежной селекции в условиях Беларуси.

Материал и методы исследований – теоретической основой исследований послужили положения, концепции, гипотезы и выводы по рассматриваемой проблеме, изложенные в трудах отечественных и зарубежных ученых. Исследования выполнялись на базе Бобруйского сельскохозяйственного участка УП «Белкоопмех» системы Белкоопсоюза в 2021–2022 годах. Исследования выполнены с учетом рекомендаций Совета Европы по соблюдению Европейской конвенции защиты животных, разводимых на фермах [2].

В ходе выполнения НИР разработано и предложено производству технологическое решение по оптимальному размеру клеток норок и установлена высокая экономическая эффективность от объединения клеток в универсальные блоки для содержания основного стада и молодняка норок.

Научная новизна состоит в том, что данные исследования проведены в Беларуси впервые и полученные данные позволят предложить производству оптимальную систему содержания норок в условиях республики.

Основная часть

На протяжении многих десятилетий любители, специалисты, учёные, занимавшиеся проблемами звероводства, искали оптимальные условия содержания зверей, используя опыт их разведения в природе, то есть естественной среде обитания. Проблема создания комфортных условий для разведения и содержания пушных зверей на фермах постоянно привлекает внимание звероводов-практиков и ученых в различных странах.

В звероводстве Беларуси наибольшее распространение получили шеды с двухрядным расположением клеток. В 1965 году НИИ «Гипронисельхоз» разработал типовой проект шеда под номером 806-6 – шед деревянный и железобетонный. Шед представляет собой навес с двускатной крышей с центральным проходом шириной не менее 1,17 м (рис. 1). Пролёт шеда между стенками в раме 2,4 м, шаг рам – 3 м. Длина шеда определяется количеством клеток и размерами отведённой площади и может варьировать от 30–50 до 100–120 м.

До настоящего времени в большинстве звероводческих хозяйствах Беларуси содержание норок осуществляется по проекту клеток, разработанных в 1965 году. При этом клетки индивидуальные, в одном пролёте шеда расположено 6 клеток для основного стада. По типовому проекту (806-6) клетка для норок состоит из выгула и домика. Для основного стада норки выгул имеет следующие размеры: ширина 45 см, длина 90 см и высота выгула 45 см. Домик навесной.

На рис. 2 показан шед с клетками для содержания норок взрослых (основное стадо) в Пинском производственном участке УП «Белкоопмех».

При этом мировое звероводство постоянно находится в изучении и совершенствовании технологии содержания пушных зверей. Размер клетки для норки – это тема, которая регулярно затрагивается в научных, публичных дебатах, касающихся благополучия зверей. Исследования последних 20 лет показывают, что четырехкратное увеличение площади клетки относительно стандартного размера не приводит к изменению в поведении и физиологических функциях норки. Более того, наблюдается обратная тенденция, что при большой площади клетки норки чувствуют себя в меньшей безопасности [2].

Постоянная комиссия Совета Европы (СЕ) по соблюдению Европейской конвенции защиты животных, разводимых на фермах, разработала и приняла в 2002 году рекомендации по содержанию пушных зверей клеточного разведения. Для содержания норки необходимо использовать удобные для них клетки с оптимальной высотой и площадью пола. Длина выгула должна быть не менее 70 см, ширина – 30 см, высота – 45 см. Клетки такого размера рассчитаны на содержание одного взрослого животного с потомством до отсадки или на двух щенков [3]. В большинстве звероводческих хозяйств Российской Федерации аналогичная ситуация. Для решения данной проблемы в 2018 году учеными звероводческой отрасли были разработаны «Правила содержания клеточных пушных зверей в звероводческих хозяйствах России» и «Рекомендации по содержанию и разведению клеточных пушных зверей в современных условиях». В табл. 1 приведены размеры элементов клеток для звероводческих ферм России и приведены размеры клеток по рекомендациям комиссии Совета Европы.

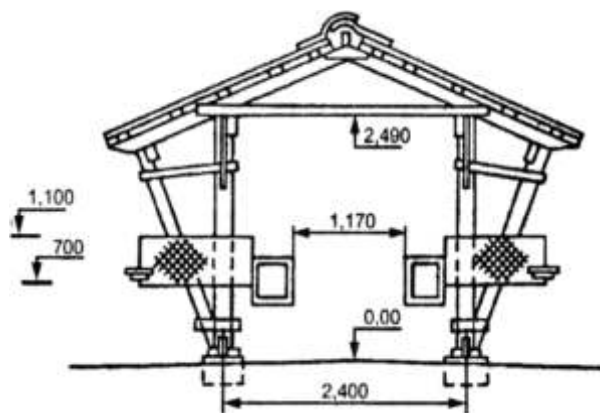


Рис. 1. Шед из деревянных конструкций и схема расположения клеток для норки (типовой проект 806-6).



Рис. 2. Шед с клетками для норки

Основное преимущество клеток, рекомендованных комиссией ЕС, в сравнении с предлагаемой технологией в России в том, что клетки по рекомендациям комиссии Совета Европы универсальные. Они рекомендованы как для содержания взрослых норок, так и для выращивания молодняка. Имеют одну длину выгула 70 см и ширину выгула 30 см.

В технологии содержания норок в Российской Федерации и в странах Евросоюза рекомендуется содержать норок в клетках, собранных в блоки, между клетками ставят двойную сетчатую перегородку с ячейкой сетки не менее 12,5×25 мм для недопущения травм животных в соседних клетках. Это сокращает потребность в сетке и ДСП при строительстве клеток. На рис. 3 показан шед с блоком клеток в звероводческом хозяйстве «Восток» Краснодарского края.

На рис. 4 показана раздача корма на сетку верхней части выгула.

Научно-хозяйственные опыты по определению эффективности содержания норок в блоках клеток с длиной выгула 70 см и шириной 30 см в условиях Беларуси проводились в соответствии с методическими указаниями постановки научно-хозяйственных опытов по кормлению и содержанию пушных зверей [7].

Опыты проводили в Бобруйском сельскохозяйственном участке УП «Белкоопмех». Начало исследований приходится на период окончания отсадки молодняка от самок, 20 июня. Исследования подразделяются на два периода:

- 1) с 20 июня по 1 ноября – изучение влияния содержания норок в блоках клеток на рост и развитие молодняка;
- 2) с 1 декабря по 1 июня 2022 года – изучение влияния содержания норок в блоках клеток на показатели воспроизводства самок.

Для изучения влияния содержания молодняка норок в блоках клеток на их рост и развитие в условиях Беларуси были сформированы две опытные и одна контрольная группы аналогов молодняка норок 2021 года щенения.

Первая опытная группа состояла из 24 голов (12 самок и 12 самцов), их содержали в клетках по две головы (самец + самка).

Вторая опытная группа насчитывала 24 головы молодняка самок, в каждой клетке разместили по 3 самки. Выгула клеток для молодняка норок опытных групп имели длину 70 см, ширину 30 см и высоту 45 см.

Молодняк норок контрольной группы (16 самок и 16 самцов) содержался парами в клетках по действующей технологии (длина выгула 90 см, ширина – 40 см). Условия кормления и ухода за животными были одинаковые. В табл. 2 показаны результаты опыта.

Таблица 1. Размер клеток для норок

Наименование	Выгул		Домик	
	осн. стадо	молодняк	осн. стадо	молодняк
Длина (см)				
Рекомендации СЕ	70	70	–	–
Российская технология	90	70	38	38
Высота (см)				
Рекомендации СЕ	45	45	45	45
Российская технология	40	35	35	30
Ширина (см)				
Рекомендации СЕ	30	30	–	–
Российская технология	38	28	40	28



Рис. 3. Шед с блоками девятиместных клеток



Рис. 4. Раздача корма на сетку верхней части выгула

Таблица 2. Динамика массы тела молодняка норок (г), 2021 год

Группы 20 июня		Даты контроля			
		20 июня	1 июля	1 сентября	1 октября
Опытная 1, самцы		865 ± 21	1149 ± 23	2495 ± 24	3080 ± 22
Опытная 2, самки		721 ± 16	993 ± 14	1540 ± 19	1750 ± 14
Контрольная	самцы	775 ± 15	1063 ± 15	2365 ± 27	2980 ± 16
	самки	644 ± 10	833 ± 12	1475 ± 18	1686 ± 17

Результат исследований показал, что молодняк норок, выращенный в блоках клеток с шириной выгула 70 см, не уступает в росте и развитии молодняку, выращенному в обычных условиях (ширина выгула – 90 см.) Средняя живая масса самцов опытной группы составила (3080 ± 22) г, в контрольной – (2980 ± 16) г. Самки опытных групп имели среднюю массу (1750 ± 14) г, в контрольной группе – (1686 ± 17) г.

Опыты о влиянии содержания самок норок в блоках клеток на результат их щенения проводились в Бобруйском сельскохозяйственном участке УП «Белкоопмех» в январе-июне 2022 года.

Для проведения опыта были сформированы опытная и контрольная группа самок взрослых норок. Условия проведения опыта показаны в табл. 3.

Опытная группа насчитывала 26 самок, которых разместили в клетках с длиной выгула 70 см, шириной 30 см и высотой 45 см. В контрольной группе находились все 703 самки норок. Клетки для содержания самок контрольных групп были индивидуальные, длина выгула составляла 90 см, ширина – 45 см.

На рис. 5 показано содержание самок опытной группы в блоке клеток с длиной выгула 70 см и шириной 30 см.

Кормление и уход за норками опытной и контрольной группы были одинаковыми. Начало гона приходилось на 1 марта 2022 года. Гон проводили по 18 марта 2022 года. Схема гона была одна для всех групп самок. Покрытие одноразовое проводили с 1 марта по 6 марта. Повторное спаривание проводили на 7 день после первого, с обязательным перекрытием на следующий день. Щенение самок в опытной и контрольной группах началось 24 апреля и продолжалось до 8 мая. В табл. 4 показаны результаты щенения самок.

Данные результатов щенения норок в опытных группах показывают, что уменьшение длины выгула клетки до 70 см и ширины до 30 см не оказывает отрицательного влияния на результат щенения.

Таблица 3. Условия проведения опытов

Группа	Число голов	Размер выгула		
	самки	ширина, см	длина, см	высота, см
Опытная	26	30,00	70,00	45,00
Контрольная	703	45,00	90,00	45,00



Рис. 5. Содержание самок норок при проведении опыта

Высокая экономическая эффективность достигается путем реализации прогрессивных инновационных технических решений.

Во-первых, это эффективность от сокращения материалов (оцинкованной сетки) на изготовление клеток за счет уменьшения длины выгула с 90 см до 70 см и сокращения ширины выгула до 30 см взамен 45 см.

Во-вторых, увеличение числа клеток в одном трехметровом пролете шеста с 6 клеток по действующей технологии до 8–9 клеток, что в конечном итоге не влияет на производственные показатели содержания и выращивания норок. На рис. 6 показан девятиместный блок клеток для содержания норок.

В табл. 5 приведен расчет потребности в оцинкованной сетке для изготовления восьмиместного блока клеток с длиной выгула 70 и 90 см.

Таблица 4. Результаты щенения самок норок

Группа	Длина выгула, см	Число самок	Оценилось		Получено щенков	На 1 самку
			голов	%		
Опытная	70,00	26	25	96,2	130	5,00
Контрольная	90,00	703	615	87,5	3340	4,75

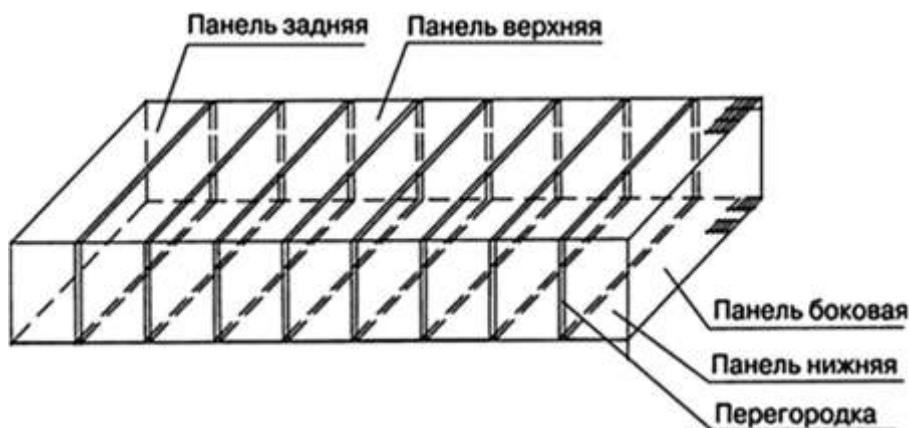


Рис. 6. Девятиместный блок клеток

Таблица 5. Расчет потребности в оцинкованной сетке, блок 8 клеток

Наименование	Индивидуальный выгул			Блок на 8 клеток		
	Длина, см	Ширина, см	Площадь, м²	Длина, см	Ширина, см	Площадь, м²
Панель верхняя	90	45	0,41	2600	70	1,82
Панель торцовая	45	40	0,18	2600	45	1,17
Панель нижняя	90	45	0,41	2600	70	1,82
Перегородки, 8 шт	—	—	—	182,5×7	45	5,75
Боковые стенки, 2 шт	180	45	0,81	180	45	0,81
ИТОГО, в т. ч.	—	—	1,81	—	—	11,37
на 1 клетку	—	—	1,81	—	—	1,42

Данные табл. 5 показывают, что для изготовления выгула для индивидуальной клетки требуется 1,81 м² сетки, для выгула в восьмиместном блоке клеток – 1,42 м², что на 0,39 м² меньше. При этом рыночная стоимость одного м² оцинкованной сварной сетки (ячейка 25×25 мм) в Республике Беларусь на 12 мая 2022 года составляет 14,08 рублей (включая НДС). В результате экономический эффект от стоимости сетки на одну клетку составит 5,49 рубля. По данным УП «Белкоопмех» потребность в реконструкции на 2021–2025 гг. (приложение 3 к отраслевой программе «Развитие клеточного пушного звероводства потребительской кооперации Республики Беларусь на 2021–2025 годы») составляет 250 000 клеток или по 50 000 клеток ежегодно. При внедрении во время реконструкции 250 000 клеток с размером выгула по длине 70 см и ширине 30 см экономический эффект составит 1 372 500,00 рублей или 274 500 рублей ежегодно.

Помимо изложенной выше экономической эффективности от снижения потребности в сетке для изготовления выгулов клеток, второй составляющей является эффективность от объединения клеток в блоки. Так в шее длиной 100 м насчитывается 33 пролета с каждой стороны шеда, всего 66 пролетов. По действующей технологии в каждом пролете расположено 6 индивидуальных клеток для основного стада или 7 клеток для молодняка. Следовательно, в шее находится 396 (66×6) клеток для взрослых норок. При объединении индивидуальных клеток в 8-местные блоки можно разместить до 528 (66×8) клеток.

Потребность в шедах для размещения 250 000 индивидуальных клеток составит 631 шед (250 000:396), а для размещения клеток, объединенных в 8 местные блоки, потребность в шедах составит 473 шеда (250 000:528), что на 158 шедов меньше. При этом затраты на строительство одного шеда длиной 100 м составляют (по плану финансирования, в ценах 2020 года) 15 тысяч рублей. Следовательно, от сокращения потребности в строительстве шедов экономический эффект составит 2 370 000 рублей (158×15 000).

Общий экономический эффект от рекомендаций по размерам клеток при их реконструкции в звероводческих хозяйствах потребительской кооперации Республики Беларусь может составить 3 742 500 рублей.

Заключение

Важность повышения эффективности отрасли звероводства весьма актуальна. В настоящее время из-за эпидемической ситуации лидер по производству шкурок пушных зверей в мире, Дания, ввела запрет на разведение норок до 2022 года. Данная ситуация положительно сказалась на мировом спросе пушно-мехового сырья. По прогнозу ведущих специалистов пушно-меховых аукционных компаний, повышенный спрос на пушнину будет нарастать в течение 3–5 лет. К декабрю 2020 года цены на шкурки норки повысились от 50 % до 80 %. Таким образом, наши исследования оказались своевременными, и полученные результаты послужат повышению экономической эффективности отрасли звероводства в условиях Беларуси.

На основании проведенных исследований предлагаем инновационные решения в вопросах содержания норок:

1) при строительстве новых звероводческих хозяйств или при реконструкции существующих руководствоваться следующими размерами элементов клеток для содержания норок (табл. 6).

Таблица 6. Размер клеток для норок

Рекомендации	Выгул			Домик	
	самки	самцы	молодняк	осн. стадо	молодняк
Длина (см)					
Совета Европы	70	70	70	–	–
Для зверохозяйств РБ	70	70	70	38	38
Высота (см)					
Совета Европы	45	45	45	45	45
Для зверохозяйств РБ	45	45	45	30	30
Ширина (см)					
Совета Европы	30	30	30	–	–
Для зверохозяйств РБ	30	30	30	30	30

2) размеры клеток и их оснастка научно обоснованы и обеспечивают необходимое пространство и комфортные условия, что подтверждает высокий уровень продуктивных показателей зверей.

Список использованных источников

1. Балакирев Н. А., Паркалов И. В. Учебное пособие по курсу «Звероводство» для самостоятельной работы студентов по теме: «Содержание пушных зверей в современных условиях» // СПб. – ГАУ. – 2008. – 30 с.
2. Паркалов, И. В. Ведение звероводства в современных условиях // монография, изд. Нестор-История. – СПб. – 2013. – 428 с.
3. Балакирев, Н. А. Рекомендации по совершенствованию содержания и разведения клеточных пушных зверей в России // Н. А. Балакирев [и др.]. – М : Россельхозакадемия. – 2006. – 286 с.

С.Н. Бондарев, А.В. Китун, А.А. Китун

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: seregabondarev1991@yandex.ru

ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ДОИЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Аннотация. Приведена классификация доильных аппаратов, предъявляемые к ним зоотехнические требования и анализ их конструкций. На основании предложенных исследований определены основные недостатки доильных аппаратов и перспективное направление их усовершенствования.

Ключевые слова: машинное доение, доильный стакан, молоко, зоотехнические требования, классификация.

S.N. Bondarev, A.V. Kitun, A.A. Kitun

EE «Belarusian State Agrarian Technical University» Minsk, Republic of Belarus

E-mail: seregabondarev1991@yandex.ru

PROMISING DIRECTION OF IMPROVEMENT OF MILKING MACHINES

Abstract. The classification of milking machines, the zootechnical requirements imposed on them and the analysis of their designs are given. Based on the proposed studies, the main disadvantages of milking machines and the promising direction of their improvement are determined.

Keywords: machine milking, milking cup, milk, zootechnical requirements, classification.

Введение

Молочное животноводство Республики Беларусь представляет собой стратегическую отрасль устойчивого экономического развития сельского хозяйства, на которую приходится 15 % используемых трудовых ресурсов и 28 % валовой продукции сельского хозяйства. Сельскохозяйственные организации каждый год получают от реализации молока почти 40 % выручки и 70 % прибыли [1].

В соответствии с Государственной программой аграрного бизнеса на 2021–2025 гг. перед агропромышленным комплексом была поставлена задача обеспечить повышение эффективности производства сельскохозяйственной продукции за счет внедрения ресурсосберегающих технологий, обеспечивающих сокращение материальных и трудовых затрат, снижение себестоимости и увеличение конкурентоспособности продукции на внешних рынках. Вышеуказанной программой предусматривается увеличение объемов производства и реализации на внешние рынки молочной продукции наряду с повышением ее качества и конкурентоспособности за счет модернизации и реконструкции производственных мощностей [2].

Одним из важнейших технологических процессов на молочно-товарной ферме является машинное доение — процесс извлечения молока из вымени коров доильной установкой, его транспортировка и сбор в молочную ёмкость.

Основным рабочим органом любой доильной установки, с помощью которого происходит выдаивание молока из вымени коровы, является доильный аппарат. Извлечение молока из вымени коровы доильным аппаратом происходит при его прямом механическом воздействии на вымя животного [3].

Таким образом, от конструкции доильного аппарата и режимов его работы зависит здоровье животного, качество и количество получаемого молока, время машинного доения, а также удельные энергозатраты на процесс машинного доения [4].

Целью данной работы является проведение анализа конструкций доильных аппаратов для обоснования перспективного направления совершенствования доильных аппаратов, обеспечивающего снижение энергоемкости процесса машинного доения при обеспечении равномерного распределения давления на сосок вымени коровы.

Основная часть

Применяемые для машинного доения доильные аппараты различны по конструкции, принципу и режиму работы, а также характеру сбора молока. К ним предъявляются следующие требования:

- узлы доильного аппарата, контактирующие с выменем животного, должны обеспечивать стимуляцию рефлекса молокоотдачи на протяжении всего процесса доения и предотвращать травмирование сосков вымени и создание стрессовых ситуаций для животного [5, 6];
- обеспечивать полное выдаивание коровы за 4–7 минут с минимальными затратами труда и энергии при минимальном вмешательстве оператора [7, 8];
- доильные стаканы и коллектор доильного аппарата должны обеспечивать быстрый и полный отвод молока для предотвращения омывания сосков вымени животного выдоенным молоком («мокрое» доение) [9];
- в процессе доения доильные стаканы не должны напирать на вымя животного и пережимать устье соска и молокопроводящие пути вымени («сухое» доение) [9, 10];
- соотношение, частота и продолжительность тактов работы доильного аппарата должны соответствовать требованиям ISO 3918:2007, ISO 5707:2007 и не изменяться самопроизвольно в процессе работы [11, 12];
- при доении на автоматизированных доильных установках доильный аппарат должен обеспечивать машинное додаивание животного, с последующим своевременным автоматическим снятием доильных стаканов при величине молокоотдачи животного 200–400 г / мин без вмешательства оператора [9];
- быть простым в изготовлении и обслуживании и не требовать ручных регулировок в процессе машинного доения [7].

Классификация доильных аппаратов представлена на рис. 1 [5, 6, 13, 14, 15].

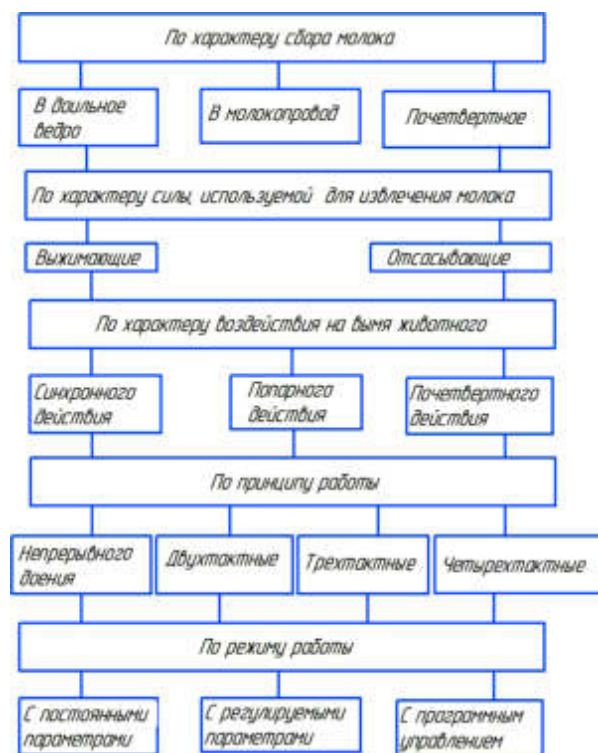


Рис. 1. Классификация доильных аппаратов

Из классификации доильных аппаратов, представленной на рис. 1, установлено, что по характеру силы, используемой для извлечения молока, доильные аппараты бывают отсасывающие и выжимающие.

При доении выжимающим доильным аппаратом извлечение молока достигается за счет выжимания соска роликами 8 (рис. 2), которые установлены в доильном стакане [6, 16].

Преимущество выжимающих доильных аппаратов заключается в имитации ручного доения, что позволяет избежать травмирующего воздействия высокого уровня вакуума на сосок вымени коровы в подсосковой камере доильного стакана [16].

Однако выжимающие доильные аппараты сложны по конструкции и увеличивают время доения коровы, что ведет к снижению надоев молока и соответственно повышает энергоемкость процесса машинного доения.

Отсасывающие доильные аппараты получили наибольшее распространение за счет простоты конструкции, удобства в обслуживании и ремонте. Общими деталями таких доильных аппаратов являются (рис. 3):

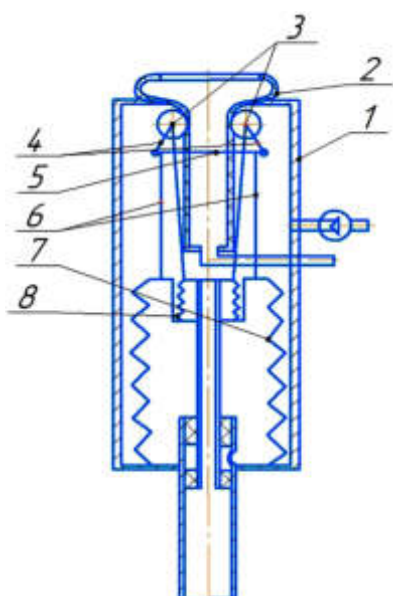


Рис. 2. Устройство доильного стакана выжимающего действия: 1 – гильза доильного стакана; 2 – сосковая резина; 3 – ролики; 4 – рычаги; 5 – рамка; 6 – тяги большого сильфона; 7 – большой сильфон; 8 – малый сильфон; 9 – подсосовая камера; 10 – межстенная камера

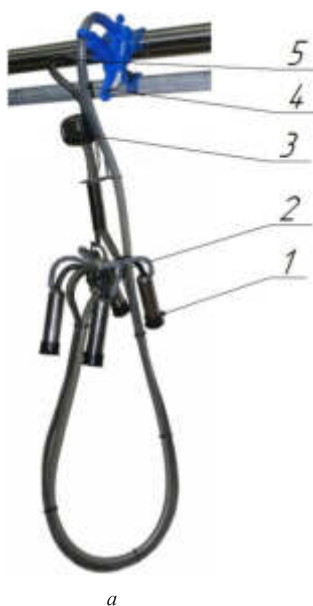


Рис. 3 Общее устройство доильных аппаратов со сбором молока а) в молокопроводе; б) доильное ведро: 1 – доильный стакан; 2 – коллектор; 3 – пульсатор; 4 – молочный шланг; 5 – вакуумный шланг; 6 – доильное ведро

– доильные стаканы, которые в процессе машинного доения надеваются на соски вымени животного и напрямую контактируют с выменем, оказывая на него прямое механическое воздействие;

– коллектор, предназначенный для сбора молока от доильных стаканов и распределения переменного вакуума по межстенным камерам доильных стаканов;

– пульсатор, необходимый для преобразования постоянного вакуума в переменный, а также смены тактов работы доильного аппарата.

Принцип работы таких доильных аппаратов (рис. 4) основан на создании вакуумметрического давления в камерах доильных стаканов и чередовании тактов работы, в зависимости от количества которых доильные аппараты бывают [3, 17]:

- двухтактные, процесс работы основан на чередовании двух тактов – «сосание» и «сжатие»;
- трёхтактные, процесс работы протекает по тактам «сосание», «сжатие» и «отдых»;
- четырехтактные, работают по принципу чередования тактов «сосание», «сжатие», «сосание», «отдых».

При работе доильного аппарата во время такта «сосание» (рис. 4, а) в межстенной 4 и подсосковой 3 камерах доильного стакана создается вакуум, и за счет разности давлений между подсосковой камерой и соском вымени животного извлекается молоко, которое в дальнейшем транспортируется по молочной трубке 6 в коллектор.

При такте «сжатие» в межстенную камеру 4 (рис. 4, б) поступает воздух, в результате за счет разности вакуумметрического давления в подсосковой 3 и атмосферного в межстенной 4 камерах стенки сосковой резины 2 прогибаются и сжимают сосок вымени коровы, что способствует стимулированию в нем кровообращения и предотвращению застоя крови.

С наступлением такта «отдых» (рис. 4, в) воздух поступает в межстенную 4 и подсосковую 3 камеры, что способствует отдыху соска вымени коровы от травмирующего воздействия вакуума и нормализации кровообращения.

В момент откачки воздуха из межстенной 4 и подсосковой 5 камер доильного стакана (рис. 5) происходит разжатие стенок сосковой резины и резкое увеличение объема подсосковой камеры

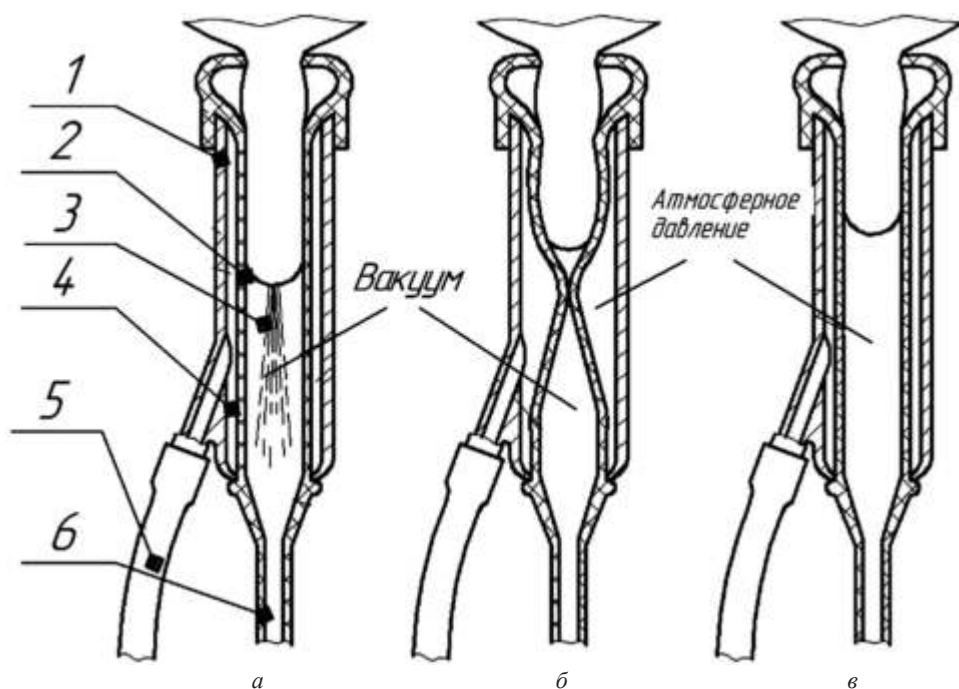


Рис. 4 Схема и процесс работы доильного стакана: а) такт «сосание»; б) такт «сжатие»; в) такт «отдых»; 1 – гильза доильного стакана; 2 – сосковая резина; 3 – подсосковая камера; 4 – межстенная камера; 5 – вакуумный шланг; 6 – молочная трубка

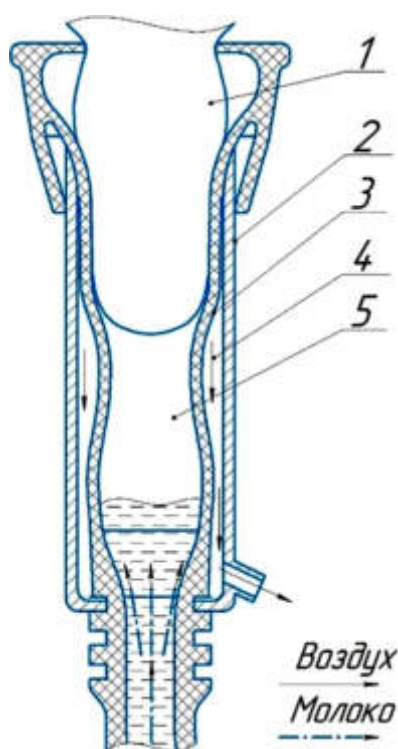


Рис. 5 Доильный стакан при переходе от такта «сжатие» к такту «сосание»: 1 – сосок вымени коровы; 2 – гильза доильного стакана; 3 – присосок сосковой резины; 4 – межстенная камера доильного стакана; 5 – подсосковая камера доильного стакана

доильного стакана 5, приводящее к скачкообразному повышению в ней вакуумметрического давления. В результате выдоенное молоко из коллектора реверсивным движением перемещается обратно в подсосковую камеру доильного стакана.

Для эвакуации вернувшегося из подсосковой камеры молока обратно в молокопровод дополнительно затрачивается энергия, что приводит к увеличению удельной энергоёмкости процесса машинного доения.

Кроме того, как показывают результаты исследований Д.А. Григорьева, С.И. Щукина, И.Е. Петрова и др. [9, 18, 19], возврат молока из коллектора в подсосковую камеру доильного стакана приводит к омыванию соска выдоенным молоком («мокрое» доение) и, как следствие, к проникновению бактерий в сосок и повышению риска заболеваемости коровы маститом.

Исследованиями А.С. Курака, Н.С. Яковчика и И.В. Брыло было установлено, что соски вымени коров, пригодных к машинному доению, имеют длину 5–9 см с диаметром 2,0–3,2 см и различную конфигурацию (цилиндрическую, коническую, бутылчатую, воронкообразную и т.д.) [20]. Результаты исследований Л.П. Карташова, В.В. Трубникова и В.В. Кирсанова [21] показывают, что в современных доильных аппаратах происходит неравномерное сжатие сосков вымени коровы сосковой резиной доильного стакана при машинном доении, приводящее к гиперемии сосков и заболеваемости коровы маститом. Под действием перечисленных негативных процессов снижается молочная продуктивность коровы, а следовательно, увеличивается удельная энергоёмкость процесса машинного доения.

На основании проведенного анализа конструкций доильных аппаратов установлено, что при работе доильных аппаратов, основанных на создании вакуумметрического давления в доильных стаканах и чередовании тактов работы, происходит реверсивное движение молока из коллектора в подсосковую камеру доильного стакана при разжатии стенок сосковой резины, что приводит к увеличению удельной энергоёмкости процесса машинного доения.

Кроме того, при реверсивном движении молока происходит омывание сосков вымени коровы выдоенным молоком и, как следствие, повышение риска заболеваемости ее маститом.

Для поиска путей исключения реверсивного движения молока в доильном аппарате и неравномерного сжатия сосков вымени коровы необходимо провести анализ научных работ в области машинного доения коров.

Таким образом, перспективным направлением совершенствования доильных аппаратов является изменение величины вакуумметрического давления в подсосковой камере доильного стакана во время такта «сжатие», исключающее реверсивное движение выдоенного молока из коллектора в подсосковую камеру доильного стакана, а следовательно, затраты энергии на повторную транспортировку молока и омывание соска вымени коровы выдоенным молоком.

Заключение

На основании проведенного анализа конструкций доильных аппаратов и предъявляемых к ним зоотехнических требований установлено, что во время работы доильных аппаратов, в момент откачки воздуха из межстенных камер доильных стаканов, происходит реверсивное движение молока из коллектора в подсосковые камеры доильных стаканов, причем на повторную транспортировку его дополнительно затрачивается энергия, что увеличивает удельную энергоёмкость процесса машинного доения.

Во время такта «сжатие» происходит неравномерное сжатие сосков вымени коровы по длине сосковой резиной доильного стакана, приводящее к неполноценной стимуляции рефлекса молокоотдачи и увеличению удельной энергоёмкости процесса машинного доения.

На основании вышеизложенного установлено, что перспективным направлением совершенствования доильных аппаратов является изменение величины вакуумметрического давления в подсосковой камере доильного стакана во время такта «сжатие», исключающее реверсивное движение выдоенного молока из коллектора в подсосковую камеру доильного стакана.

Список использованных источников

1. Беларусь занимает четвертое место в мире по экспорту молочной продукции [Электронный ресурс] / AGRONEWS. – Режим доступа: <https://agronews.com/by/ru/news/breaking-news/2019-06-05/37262> – Дата доступа : 14.03.2020.
2. Государственная программа развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2021–2025 годы.
3. Китун, А.В. Машины и оборудование в животноводстве: учебник / А.В. Китун, В.И. Передня, Н.Н. Романюк. – Минск : РИВШ, 2021. – 444 с.
4. Бондарев, С.Н. Зависимость удельной энергоёмкости процесса машинного доения от конструктивных и технологических параметров доильного аппарата / С.Н. Бондарев, А.В. Китун // Агропанорама. – 2021. – №3. – С.7–13.
5. Тетерядченко, А.И. Разработка адаптивного доильного аппарата и обоснование режимов его работы при доении в бидон. дис. ... к-та техн. наук: 05.20.01 / А.И. Тетерядченко. – Белгород, 2017. – 204 с.
6. Яловой, Д.И. Обоснование конструктивно-режимных параметров доильного аппарата непрерывного доения : дис. ... к-та техн. наук: 05.20.01 / Д.И. Яловой. – Воронеж, 2017. – 175 с.
7. Логачева, О.В. Повышение эффективности доения коров переносными доильными аппаратами с регулятором вакуума : дис. ... к-та техн. наук: 05.20.01 / О.В. Логачева. – Саратов, 2015. – 171 с.
8. Ведищев, С.М. Механизация доения коров: уч. пособие / С.М. Ведищев. – Тамбов : Из-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2006. – 160 с.
9. Григорьев, Д.А. Технология машинного доения коров на основе конвергентных принципов управления автоматизированными процессами: монография / Д.А. Григорьев, К.В. Король. – Гродно : ГГАУ, 2017. – 216 с.
10. Панферов, Н.С. Доильный аппарат с верхним отводом молока из коллектора : дис. ... к-та техн. наук: 05.20.01 / Н.С. Панферов. – Рязань, 2017. – 191 с.
11. Milking machine installations – Vocabulary. ISO 3918:2007. Введ. 15.02.2007. – Geneva: International Organization for Standardization, 2007. – 42 с.

12. Milking machine installations – Construction and performance. ISO 5707:2007. Введ. 15.02.2007. – Geneva: International Organization for Standardization, 2007. – 58 с.
13. Обухов, Ю.А. Обоснование режима извлечения молока из вымени животного при доении компактным доильным аппаратом : дис. ... к-та техн. наук: 05.20.01 / Ю.А. Обухов. – Оренбург, 2001. – 220 с.
14. Машлякевич, А.А. Обоснование параметров и режимов работы устройства для управления вакуумом в доильном стакане : дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / А.А. Машлякевич. – Черноград, 2016. – 189 с.
15. Панферов, Н.С. Доильный аппарат с верхним отводом молока из коллектора : дис. ... к-та техн. наук: 05.20.01 / Н.С. Панферов. – Рязань, 2017. – 191 с.
16. Ужик, В.Ф. Выжимающий доильный аппарат для коров / В.Ф. Ужик, П.Ю. Кокарев // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. – 2013. – №3. – С. 67–70.
17. Китун, А.В. Машины и оборудование в животноводстве: учебник / А.В. Китун, В.И. Передня, Н.Н. Романюк. – Минск : БГАТУ, 2019. – С 261–270.
18. Щукин, С.И. Обоснование параметров исполнительных механизмов доильного аппарата попарного действия : автореф. дис. ... к-та техн. наук: 05.20.01 / С.И. Щукин. – Москва, 2006. – 20 с.
19. Щукин, С.И. Экспериментальный доильный аппарат / С.И. Щукин, И.Е. Петров // Вестник НГИЭИ. – 2011. – № 5. – С. 12–19.
20. Курак, А.С. Технологические основы машинного доения и контроль качества молока / А.С. Курак, Н.С. Яковчик, И.В. Брыло. – Минск : БГАТУ, 2016. – 136 с.
21. Карташов, Л.П. Доильные стаканы с изменяющейся плоскостью сжатия соска / Л.П. Карташов, В.В. Трубников // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2010. – № 2. – С. 65–67.

Е.Л. Жилич¹, Н.В. Жешко², А.А. Жешко¹, Ю.Н. Рогальская¹

¹ РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: azeshko@gmail.com

² РУП «Институт экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Вышелецкого»

г. Минск, Республика Беларусь

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ БИОМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРЕДМАСТИТНОГО СОСТОЯНИЯ

Аннотация. Рассмотрена функциональная модель системы идентификации предмаститного состояния вымени дойного стада КРС.

Ключевые слова: мастит, аппаратная и программная реализация, автоматизированная система, функциональная и информационная модель.

E.L. Zhilich¹, N.V. Zheshko², A.A. Zheshko¹, Yu.N. Rogalskaya¹

¹ RUE "SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization"

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: azeshko@gmail.com

² RUE "Institute of Experimental Veterinary Medicine named after S.N. Vyshelsky"

Minsk, Republic of Belarus

FUNCTIONAL MODEL OF THE BIOMETRIC IDENTIFICATION SYSTEM OF THE PRE-MASTITIS STATE

Abstract. The functional model of the system for identifying the pre-mastitis state of the udder of the dairy herd of cattle is considered.

Keywords: mastitis, hardware and software implementation, automated system, functional and information model.

Введение

Рациональное построение автоматизированной системы биометрической идентификации предмаститного состояния вымени дойного стада КРС предполагает последовательное рассмотрение программного проектирования, которое включает разработку функциональной и информационной модели, а также вопросов аппаратной реализации системы.

Основная часть

Для формализации и описания бизнес-процессов автоматизированной системы биометрической идентификации предмаститного состояния вымени дойного стада КРС целесообразно воспользоваться методологией функционального моделирования и графической нотацией IDEF0, которая нацелена на раскрытие соподчиненности объектов моделирования. При построении модели целесообразно руководствоваться рекомендациями Р 50.1.028.

Отличительной особенностью методологии IDEF0 является рассмотрение логических взаимосвязей объектов модели, а не поточности их выполнения. При этом система представляется как «черный ящик» с входными и выходными данными, управлением и механизмом реализации определенной функции.

На рис. 1 представлена диаграмма на основе методологии IDEF0, представляющая функциональную модель системы биометрической идентификации предмаститного состояния вымени дойного стада КРС. Как видно из диаграммы, основной функцией системы является иденти-

кация предмаститного состояния вымени, исходными данными служат изображения вымени I1, которые получают с экрана тепловизора, а также данные о температуре в долях вымени I2, на выходе в результате функционирования системы получаем идентифицированное состояние вымени O1 [1, 2].



Рис. 1. Диаграмма, представляющая функциональную модель системы биометрической идентификации предмаститного состояния на уровне A0

Управляющими элементами при этом являются:

- 1) C1 – контроль в процессе использования автоматизированной системы;
- 2) C2 – лабораторные журналы экспериментальных исследований;
- 3) C3 – нормативные документы и литературные источники.

Механизмы реализации идентификации предмаститного состояния A0 заключаются в совместных действиях оператора (пользователя) M1, который осуществляет поиск исходной информации в каталоге, подключение камеры к программе, включение функционала распознавания и воздействует на элементы управления программы, а также в функционале программы M2, который позволяет выполнять необходимые вычисления и выдавать рекомендации.

На рис. 2 представлена декомпозиция функциональной модели на уровне A1–A4.

Декомпозиция процесса биометрической идентификации предмаститного состояния вымени дойного стада КРС:

A1 – *измерение температуры в долях*, получение изображения вымени и обработка исходных данных, в качестве входных данных выступают элементы I1 и I2. Процесс осуществляется оператором M1, который воздействует на элементы интерфейса программы, подключает видеоканнеру и включает функционал распознавания. Данный блок также реализован с использованием функционала программы, которая обрабатывает потоковое изображение и осуществляет распознавание данных с экрана тепловизора. Правильность функционирования системы контролируется элементами C1 и C2. Переход от блока A1 к A2 сопровождается формированием запроса к базе данных с индексами, выбранных в блоке A1, и передачей данных из БД для обработки и анализа данных в блоке A2;

A2 – *поиск в базе данных по содержанию схожих изображений* осуществляется исключительно за счет функционала программы M2. При таком подходе содержание находящихся в базе данных изображений представляется в виде набора признаков, таких как цвет, текстура и форма вымени дойного стада КРС, также для поиска целесообразно использовать дескрипторы и ключи.

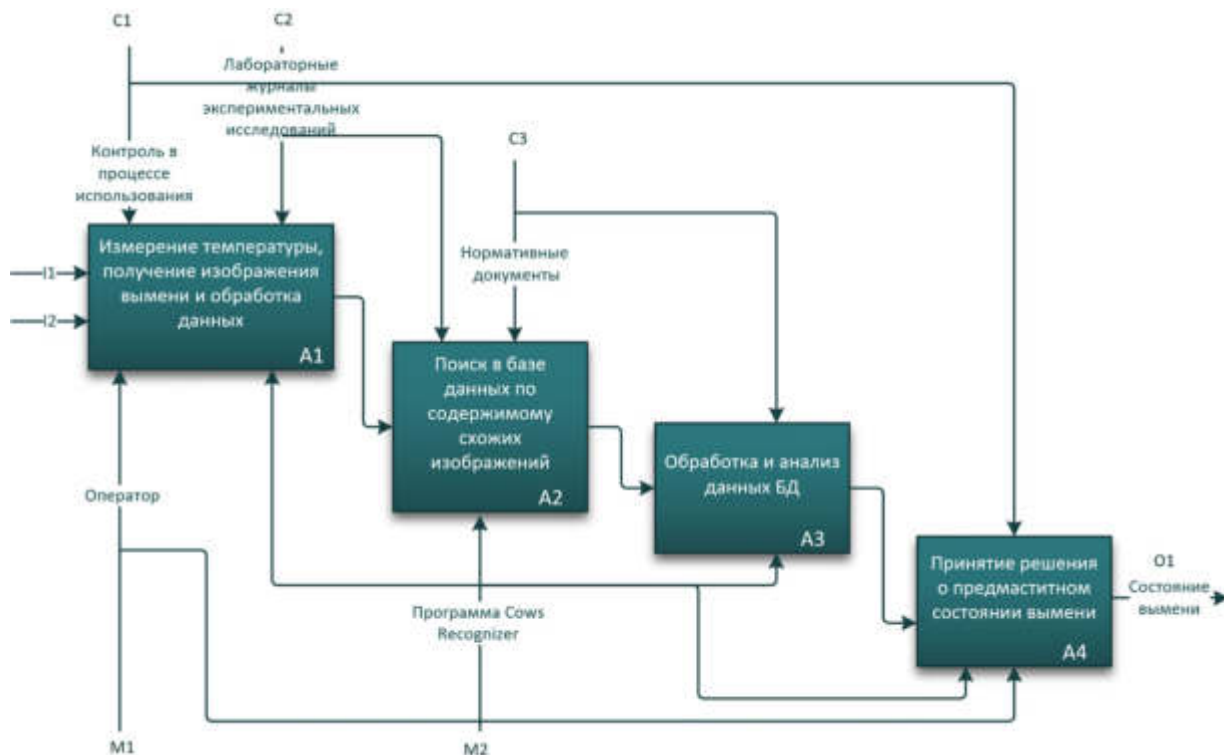


Рис. 2. Декомпозиция функциональной модели системы биометрической идентификации предмаститного состояния

чевые точки, что позволяет повысить точность поиска в случае, если вымя КРС попало на изображения в разных ракурсах. Для контроля используются лабораторные журналы экспериментальных исследований С2 и нормативные документы С3;

А3 – *обработка и анализ данных из базы* осуществляется программой М2, которая на основании информации, полученной в блоке А2, и обращаясь к данным из нормативных документов С2, формирует рекомендации, которые передаются в блок принятия решений А4;

А4 – *принятие решения о предмаститном состоянии вымени* М1. Контроль в данном блоке функционирования автоматизированной системы осуществляет оператор С1, кроме того, в перспективе предполагается полная автоматизация с передачей результатов обработки и анализа данных А3 напрямую к исполнительному механизму для разделения здоровых и больных коров дойного стада.

Декомпозиция функции получения изображений и измерения температуры в долях вымени представлена на рис. 3. Механизмом реализации функции являются оператор М1 и программа М2.

А1.1 – *получение изображения и данных о температуре с экрана тепловизора* реализуется за счет применения видеокамеры, которая осуществляет съемку экрана тепловизора, а также программы М2, которая осуществляет обработку изображений и распознавание температуры в долях вымени;

А1.2 – *обработка потока изображений и выделение «области интересов»* ROI (Region of Interest). Блок предназначен для повышения точности за счет обработки локальных участков изображений, в которых содержатся необходимые данные;

А1.3 – *распознавание значение температуры в долях вымени* – осуществляется за счет библиотеки распознавания Tesseract;

А1.4 – *подготовка изображения для поиска по содержанию*, что может осуществляться за счет создания дескрипторов и контрольных точек, выделения текстур, цвета и формы вымени.

Сущности информационной модели и связи между ними представлены на рис. 4. Основной точкой входа модели является сущность cows_data, которая содержит ссылки на

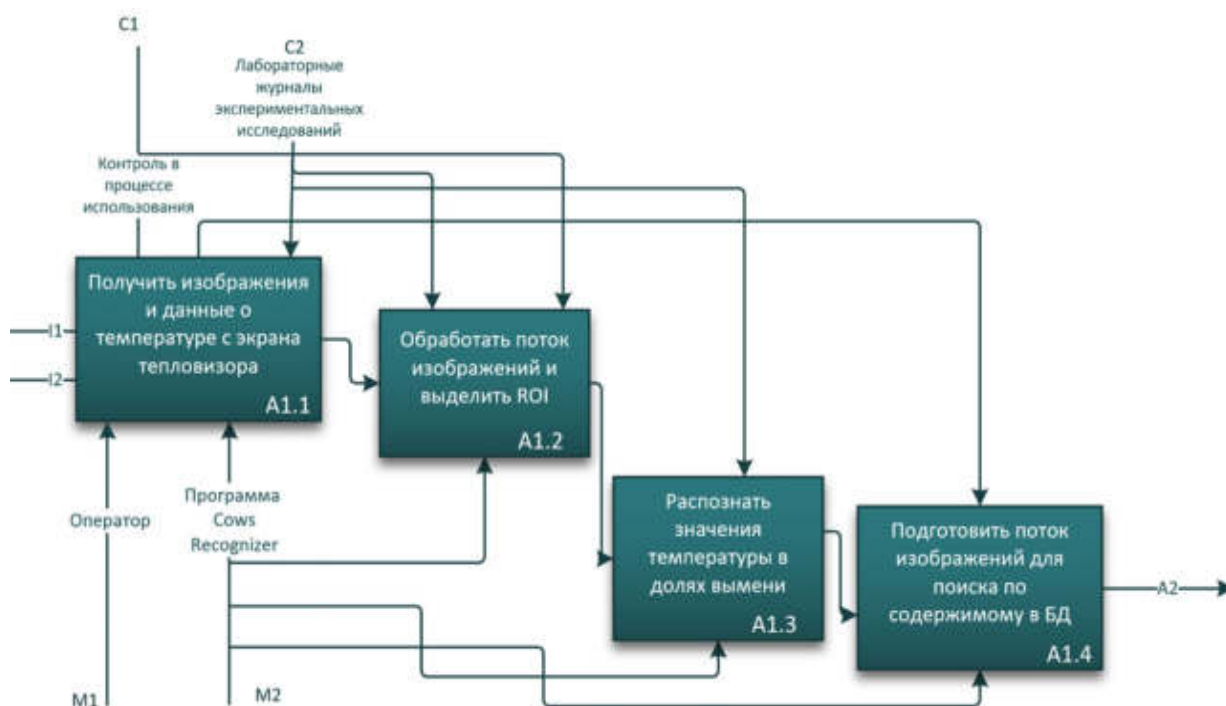


Рис. 3. Декомпозиция функции получения изображений и измерения температуры в долях вымени

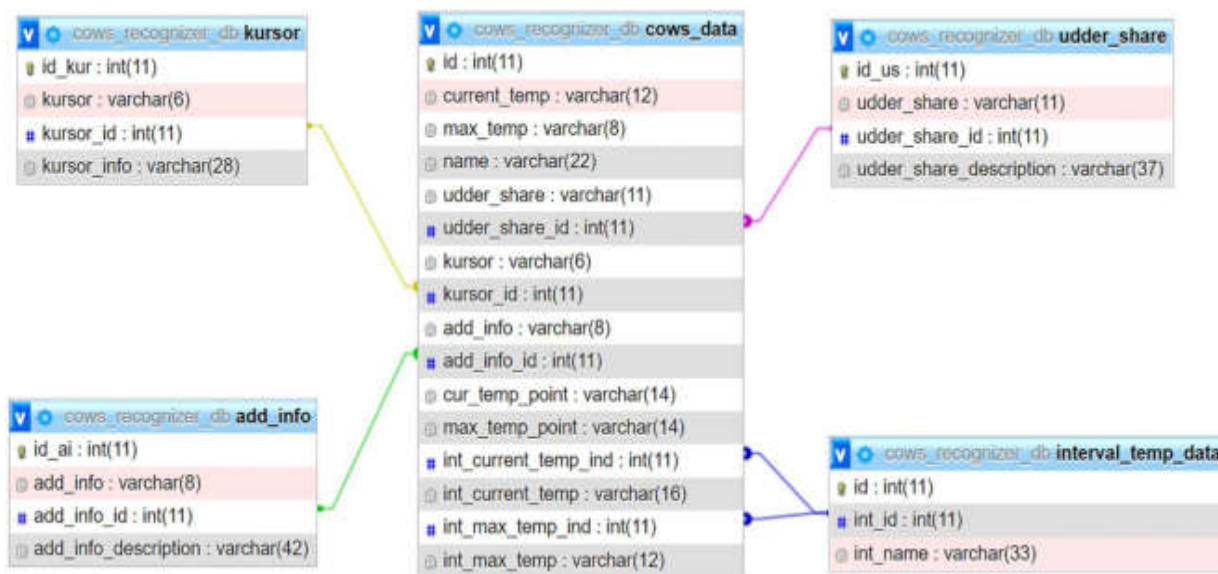


Рис. 4. Информационная модель автоматизированной системы биометрической идентификации предмаститного состояния вымени дойного стада КРС

более 450 термограмм вымени. Ввиду специфики разрабатываемой программы пользователю предоставляется перечень из 20 фильтров, которые позволяют отобразить в каталоге отфильтрованные снимки.

Для группировки данных из таблицы cows_data применяются вспомогательные таблицы kursor, udder_share, add_info и interval_temp_data, связанные с таблицей cows_data отношением «многие к одному» [3, 4].

Таким образом, информационная модель является основой для формирования и наполнения каталога программы, а также является поставщиком данных с изображений термограмм в дополнительные модули.

Заключение

Функциональное моделирование системы позволило выделить основные процедуры, которые должны быть реализованы в системе:

- получение исходных данных о температуре и изображениях вымени с экрана тепловизора;
- подготовка данных для индексации изображений в базе (дескрипторов, контрольных точек, формы, цвета и текстуры вымени);
- разработка вспомогательных функций, необходимых для реализации основных.

Список использованных источников

1. Солем, Я.Э. Программирование компьютерного зрения на языке Python – М.: ДМК Пресс, 2012. – 312 с.
2. Визильтер, Ю.В. Обработка и анализ изображений в задачах машинного зрения / Ю.В. Визильтер, С.Ю. Желтов и др. // М.: Физматкнига, 2010. – 672 с.
3. Gopi, E. S. Pattern Recognition and Computational Intelligence Techniques Using Matlab / Transactions on Computational Science and Computational Intelligence // Springer Nature Switzerland AG 2020. – 256 p.
4. Гарсия, Г.Б. Обработка изображений с помощью OpenCV – М.: ДМК Пресс, 2016. – 210 с.

М.М. Ковалев¹, д.т.н., **Г.А. Перов¹**, к.т.н., **А.В. Галкин¹**, к.т.н., **С.В. Соловьёв¹**, **С.Ф. Лойко²**

¹ ФГБНУ ФНЦ ЛК

г. Тверь, РФ

E-mail: info@fncl.ru

² РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: info@belagromech.by

ИННОВАЦИОННЫЙ СПОСОБ УБОРКИ ЛЬНА С ОЧЕСОМ СТЕБЛЕЙ НА КОРНЮ

Аннотация. Разработаны способ уборки льна-долгунца и многофункциональный агрегат для его осуществления. Получены экспериментальные данные показателей качества работы новых технических средств, обеспечивающих повышение производительности, уменьшение путанины в ворохе, а также наличие свободных семян более 80 % от общей массы вороха.

Ключевые слова: способ уборки, многофункциональный агрегат, лен-долгунец, семена, уборка.

M. M. Kovalev¹, doctor of technical sciences, **G. A. Perov¹**, PhD, **A.V. Galkin¹**, PhD, **S.V. Solovyov¹**, **S.F. Loika²**

¹ Federal Scientific Center for Bast Crops

Tver, Russia

E-mail: info@fncl.ru

² RUE "SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization"

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: info@belagromech.by

AN INNOVATIVE WAY OF HARVESTING FLAX WITH A COMBING OF STEMS ON THE ROOT

Abstract. A method of harvesting flax and a multifunctional unit for its implementation have been developed. Experimental data were obtained on the quality indicators of the work of new technical means that increase productivity, reduce confusion in the pile, as well as the availability of free seeds more than 80 % of the total mass of the pile.

Keywords: cleaning method, multifunctional unit, flax, seeds, cleaning.

Введение

Наиболее распространенная в льносеющих хозяйствах комбайновая технология уборки предполагает использование льноуборочных комбайнов типа ЛК-4А, осуществляющих теребление льна одновременно с очесом коробочек. Это позволяет в ограниченные сроки формировать как волокнистую, так и семенную части урожая. Разработка технических средств и рабочих органов льноуборочных машин обусловлена стремлением максимально возможного сохранения сортового потенциала выращенного льносырья на каждом этапе уборки [1].

Основная часть

Принимая за основу работы В.И. Кравчука, Н.И. Косилова, Э.В. Жалнина, В.И. Гончарова, А.В. Авдеева, А.И. Бурьянова, М.А. Бурьянова, А.С. Кушнарера, А.Н. Леженкина, О.В. Моисеенко, М.А. Пустагина, Р.А. Ростовцева и др., можно составить расширенную классификацию машин для уборки зернобобовых и лубяных культур, включая уборку способом очеса на корню. По способу агрегатирования машины делятся на два типа: прицепные, навесные. В свою очередь, они подразделяются по типу очесывающих устройств, рабочим органам, способам подачи массы на очес и способам сбора продуктов очеса.

Однако наряду со всеми отличительными особенностями выпускаемых очесывающих устройств можно выделить общие элементы конструкции рабочих органов. Очесывающие ро-

торы различных заводов-изготовителей имеют диаметр 500–700 мм. Количество гребенок на очёсывающем роторе варьируется от шести до восьми. Очёсывающие устройства с шестью гребенками на очёсывающем роторе имеют диапазон частоты вращения до 1000 об/мин (CVS, «Славянка»). Очёсывающее устройство, очёсывающий ротор которого оснащен восьмью гребенками, имеет диапазон частоты вращения до 700 об/мин. Конструктивно гребенки имеют схожие параметры, это ширина зубьев – около 20 мм, длина зуба – около 70 мм [2].

Цель работы – разработка способа уборки льна и многофункционального агрегата для его осуществления, позволяющего получить высококачественные семена и льнотресту.

В соответствии с поставленной задачей был разработан способ уборки льна [3], включающий тербление стеблей льна, очес семенных коробочек и расстил очесанных стеблей в ленту. При новом способе уборки тербление стеблей льна производят в стадии полной спелости, а последовательный очес семенных коробочек осуществляют путем отрыва их от стеблей в момент захвата стеблей тербильным аппаратом и во время их транспортирования к поперечному транспортеру, который осуществляет формирование ленты очесанных стеблей и ее расстил, при этом одновременно очесанный ворох обмолачивают и первично очищают полученные семена, причем последовательный очес семенных коробочек от стеблей осуществляют при расположении каждой отдельной полосы стеблей в плоскости, перпендикулярной к тербильному аппарату, до соединения очесанных стеблей в ленту. По ходу технологического процесса одновременно очесанный ворох обмолачивают и первично очищают полученные семена, что также снижает себестоимость семенного материала за счет экономии топлива и электроэнергии на его сушку, перевозку и переработку.

Разработанный способ уборки льна осуществляют многофункциональным агрегатом представленным на рис. 1 и 2. Он содержит энергетическое средство 1, тербильный аппарат 2 с делителями 3, картером 4, передающим движение тербильным ремням и поперечному транспортеру 5, очёсывающее устройство 6 со шнеком, при этом тербильный аппарат 2, установленный под очёсывающим устройством 6 с помощью кронштейнов крепления 7, 8, кинематически связан с рамой очёсывающего устройства 6 с возможностью изменения угла наклона тербильного аппарата 2 к поверхности поля и снабжен двумя опорными колесами 9, закрепленными на раме очёсывающего устройства 6 с возможностью изменения высоты расположения тербильного аппарата 2 относительно поверхности поля, наклонную камеру 10 с транспортером, молотильно-сепарирующее устройство 11, элеватор вороха, бункер, выгрузной шнек. При этом тербильный аппарат 2 так расположен по отношению к очёсывающему устройству 6, что обеспечивает последовательный очес семенных коробочек путем отрыва их от стеблей в момент захвата стеблей тербильным аппаратом 2 и во время их транспортирования к поперечному транспортеру 5



Рис. 1. Общий вид многофункционального агрегата

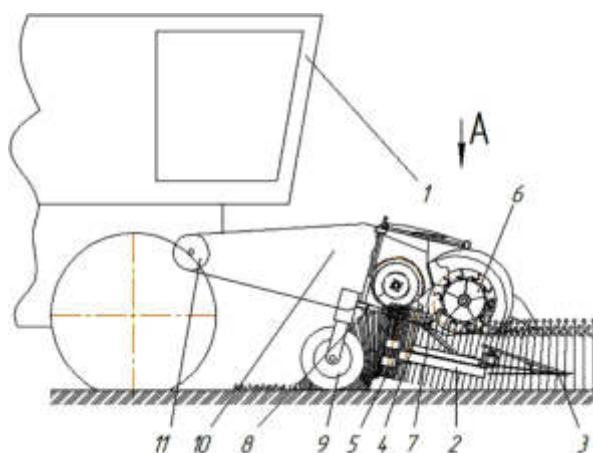


Рис. 2. Схема многофункционального агрегата для разработанного способа уборки льна с очесом стеблей на корню: 1 – энергетическое средство; 2 – тербильный аппарат; 3 – делитель; 4 – картер; 5 – поперечный транспортер; 6 – очёсывающее устройство; 7 – кронштейн; 8 – рама очёсывающего устройства; 9 – опорные колеса; 10 – наклонная камера; 11 – молотильно-сепарирующее устройство.

Таблица 1. Характеристика льна при проведении лабораторно-полевых опытов

№ п/п	Наименование показателей	Значение показателей
1	Сорт льна-долгунца	Томский 17
2	Урожайность при нормированной влажности, т/га: льносоломы семян	2,9 0,744
3	Густота стеблестоя, шт./м ²	764
4	Средняя общая длина стеблей, м	0,67
5	Средний диаметр стеблей, мм	1,55
6	Зона расположения семенных коробочек в стеблестое, см	20,0
7	Спелость льна	полная
8	Влажность, %: стеблей коробочек	58,3 25,8
9	Засоренность культуры, %	1,96
10	Полегание льна, баллы	1–5

Таблица 2. Показатели качества выполнения технологического процесса при проведении лабораторно-полевых опытов

№ п/п	Наименование показателей	Значение показателей
1	Режим работы Рабочая скорость движения агрегата, м/с (км/ч) Рабочая ширина захвата, м	2,4 (8,6) $1,9 \times 2 = 3,8$
2	Показатели качества выполнения технологического процесса Потери семян всего, % Потери стеблей всего, % Чистота тербления, % Характеристика ленты: растянутость ленты, раз угол отклонения стеблей в ленте, °	4,0 0,34 98,4 1,18 5–6

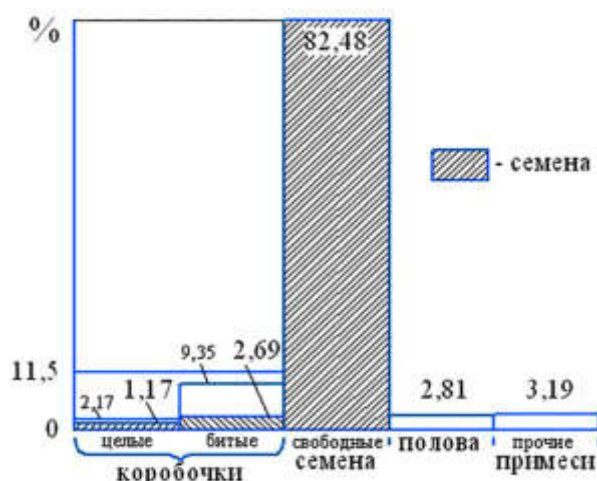


Рис 3. Структурный состав вороха (очес семенных коробочек на корню без тербления стеблей)

при расположении каждой отдельной полосы стеблей в плоскости, перпендикулярной к теребельному аппарату 2, до соединения очесанных стеблей в ленту.

Определение показателей качества работы многофункционального агрегата проводили на полях ЗАО «Шексна» Шекснинского района Вологодской области. Программой лабораторно-полевых опытов предусматривалось определение показателей качества работы многофункционального агрегата по трем вариантам: 1) тербление льна с одновременным очесом семенных коробочек, расстилом очесанных стеблей льна в ленты и сбором семенного материала в бункер комбайна, 2) тербление стеблей льна и расстилом их в ленты без очеса семенных коробочек, 3) очес семенных коробочек на корню без тербления стеблей.

Для проведения лабораторно-полевых опытов использовали многофункциональный агрегат, навешенный на зерноуборочный комбайн 5 класса ACROS-530. Характеристика культуры при проведении эксперимента приведена в табл. 1.

Агротехнические показатели определяли по ГОСТ 33734-2016 [4]. Как видно из характеристики исходного материала, густота стеблестоя составляла 764 шт./м², высота стеблестоя 0,67 м с зоной расположения семенных коробочек 0,2 м, что характерно для семеноводческих посевов, влажность стеблей 58,3 %, коробочек 25,8 %.

Так как высота стеблестоя была небольшой, а зона расположения семенных коробочек, наоборот, большой, провести первый вариант запланированных опытов не представлялось возможным вследствие невозможности опустить очесывающую жатку до 40 см от поверхности поля. Поэтому решено было проводить второй и третий варианты. Показатели качества выполнения технологического процесса представлены в табл. 2.

Структурный состав льновороха, полученного при работе агрегата с очесом семенных коробочек на корню без тербления стеблей, представлен на рис. 3. Как видно из диаграммы, свободные семена составляют более 80 %, чуть больше 10 % составляют семенные коробочки, оставшаяся часть вороха – это полова 2,8 % и прочие примеси 3,19 %. Выгрузка вороха из бункера комбайна в прицеп представлена на рис. 4.



Рис. 4. Выгрузка вороха из бункера комбайна в прицеп

Выводы

Разработан новый способ уборки льна с очесом стеблей на корню и многофункциональный агрегат для его осуществления.

Получены экспериментальные данные показателей качества работы новых технических средств, обеспечивающих повышение производительности на 30 % и уменьшение путанины в ворохе на 50 %, а также наличие свободных семян более 80 %. В варианте без тербления на уборке семеноводческих посевов (получение семенного материала) позволит сократить сроки уборки в 3–5 раз.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках Государственного задания ФГБНУ ФНЦ ЛК (№ FGSS-2019-0007 и № FGSS-2022-0005).

Список использованных источников

1. Галкин, А.В. Исследование качественных характеристик льноволокна в зависимости от конструкции очесывающего аппарата / А.В. Галкин, Д.Г. Фадеев, И.В. Ущаповский // Вестник Мордовского университета. 2018. Т. 28. – № 3. – С. 389–399.
2. Черников, В.Г. Технология очеса стеблей льна на корню и технические средства для ее реализации / В.Г. Черников, С.В. Соловьев // Инновационные технологии в АПК региона: достижения, проблемы, перспективы развития : сб. науч. тр. по материалам Междунар. научно-практической конф. 9–11 февр. 2021 г. / редкол.: П.И. Мигулев [и др.]. – Тверь: ФГБОУ ВО Тверская ГСХА, – 2021. – С. 282 – 284.
3. Патент № 2693728 Российская Федерация, МПК A01D 45/06 (2006.01), Способ уборки льна и многофункциональный агрегат для его осуществления / Игнатов В.Д., Ростовцев Р.А., Мкртчян С.Р., Голубев С.В., Перов Г.А. – заявл. 13.08.2018; опубл. 04.07.2019, Бюл. № 19.
4. ГОСТ 33734-2016. Техника сельскохозяйственная. Комбайны и машины для уборки льна. Методы испытаний. – Введен впервые; введ.2018-01-01. – М.: Стандартиформ, 2017. – 53 с.

М.М. Ковалев¹, д.т.н., Г.А. Перов¹, к.т.н., М.Г. Перов¹, С.Ф. Лойко²

¹ ФГБНУ ФНЦ ЛК

г. Тверь, РФ

E-mail: info@fncl.ru

² РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: info@belagromech.by

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБА УБОРКИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОБОРАЧИВАНИЯ ЛЕНТ ЛЬНА

Аннотация. Разработаны способ уборки льна-долгунца и конструкционно-технологическая схема подборщика-оборачивателя, применение которых позволит повысить производительность, а также качество и надежность выполнения технологического процесса оборачивания лент стеблей, увеличить сборы продукции, увеличить ресурс его деталей и уменьшить содержание почвы в обернутой ленте стеблей льна. Отпадает необходимость привода подборщика-оборачивателя лент льна от ВОМ трактора.

Ключевые слова: способ уборки, подборщик-оборачиватель, лента стеблей льна, конструкционно-технологическая схема, каток.

M. M. Kovalev¹, doctor of technical sciences, G. A. Perov¹, PhD of technical sciences, M.G. Perov¹, S.F. Loika²

¹ Federal Scientific Center for Bast Crops

Tver, Russia

E-mail: info@fncl.ru

² RUE "SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization"

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: info@belagromech.by

THE HARVESTING METHOD AND THE FLAX RIBBONS WRAPPING TECHNOLOGICAL PROCESS IMPROVEMENT

Abstract. A method of harvesting flax and a structural and technological scheme of a baler-wrapper have been developed, the use of which will increase productivity, as well as the quality and reliability of the technological process of wrapping the ribbons of stems, increase product collections, increase the resource of its parts and reduce the soil content in the wrapped ribbon of flax stems. There is no need to drive a pick-up-wrapper of flax ribbons from the tractor PTO.

Keywords: The method of harvesting, the picker-wrapper, flax stalk ribbons, the structural and technological scheme, the skating rink.

Введение

Лен, как наиболее многооперационная культура, при возделывании которой используется большое число технологических операций и специализированных технических средств, требует глубокого анализа и изучения всех возможных факторов формирования параметров качества льнотресты, снижения неоднородности ленты стеблей и изменения ее структурных параметров [1].

Высокая энергоемкость производственного процесса объясняется, прежде всего, материалоемкостью и низкой производительностью применяемых технических средств. Одним из решений этой проблемы является создание высокопроизводительных льноуборочных машин. Их применение позволит снизить энергозатраты при уборке, сократить сроки проведения работ, а также повысить качество льнопродукции на 0,5...1,0 сортономер [2].

По этой причине разработка и внедрение инновационного технического средства для оборачивания льна является важным решением ряда проблем, связанных с уборкой и последующей переработкой льна.

Основная часть

Из проведенного анализа схем и рабочих органов подборщиков-оборачивателей [2, 3] можно сделать вывод, что независимо от производителей они имеют практически одинаковые рабочие органы, это: копирующее устройство перед подбирающим аппаратом; барабанный подбирающий аппарат с кулисным механизмом и жесткими пальцами; транспортирующе-оборачивающее устройство с перекрестным ремнем и винтообразными направляющими, а также ременно-пальцевые транспортеры, установленные на выходе винтообразного канала [4–7]. До настоящего времени разные страны (Франция, Бельгия, Беларусь), в том числе и РФ, выпускали самоходный подборщик-оборачиватель с гидравлическим приводом рабочих органов и ходовых колес [7]. Применение гидропривода, с одной стороны, упрощает конструкцию (отсутствие промежуточных редукторов, цепных и карданных передач), но в то же время приводит к увеличению цены как минимум в два раза от общей стоимости машины и, кроме того, требует более высокой квалификации механизаторов, а также специализированного технического обслуживания.

В связи с вышеперечисленным подборщик-оборачиватель лент льна с отсутствием механического привода от ВОМ более приемлем для разработки. Отсюда вытекают цель и задачи исследований.

Цель работы – разработать способ уборки льна-долгунца и конструктивно-технологическую схему бесприводного подборщика-оборачивателя лент льна, обеспечивающего повышение его эксплуатационно-технологических показателей работы.

В связи с этим необходимо исходить из следующих предъявляемых к ним требований:

- расстил ленты обернутых стеблей по выровненной поверхности льнища с одновременным прижимом к ней стеблей;
- простота конструкции и удобство в работе;
- надежный и качественный подбор разостланных лент льна;
- надежность и качество процесса оборачивания лент;
- снижение энергоемкости и эксплуатационных затрат.

Результаты исследований. В разработанном способе уборки льна-долгунца [6] производится оборачивание ленты очесанных стеблей и ее повторный расстил по льнищу для последующей вылежки в тресту. При этом ленту обернутых стеблей расстилают по выровненной поверхности льнища с одновременным прижимом к ней стеблей, при этом усилие прижима определяется толщиной ленты. Выравнивание поверхности льнища перед расстилом ленты обернутых стеблей приводит к тому, что остающиеся после теребления льна на льнище обрывки стеблей подсеваемых под посевы культуры райграсса пастбищного или других трав, некоторых сорных растений – пырея ползучего, мари белой, осота желтого, а также находящиеся на поверхности льнища комья земли, камни и др. приминаются, крошатся и вдавливаются в поверхность льнища, образуя ровную поверхность. Одновременный прижим обернутой ленты стеблей к выровненной поверхности льнища обеспечивает равномерность расстила и целостность ленты, исключает их сгруживание, не увеличивает ее растянутость и обеспечивает равномерность влажности по толщине ленты из-за равномерного контакта нижнего слоя стеблей с поверхностью расстила, что уменьшает время вылежки тресты и сокращает сроки уборки.

Изменение силы прижима ленты в зависимости от ее толщины увеличивает площадь контакта стеблей с поверхностью расстила, что тоже уменьшает время вылежки тресты и сокращает сроки уборки.

В новом подборщике-оборачивателе лент льна следует сохранить перечисленные выше технологические процессы, выполняемые следующими рабочими органами: копирующее устройство, совмещенное с выравнивающим катком; барабанный подбирающий аппарат с кулисным механизмом и жесткими пальцами; транспортирующе-оборачивающее устройство с перекрестным ремнем и винтообразными направляющими, а также устройство для съема обернутой ленты льна с пальцев перекрестного транспортера и прикатывающий обернутую ленту каток [6].

Для осуществления способа уборки льна-долгунца был разработан подборщик-оборачиватель (рис. 1). Он содержит раму 1, на которой последовательно смонтированы подбирающий ба-

рабан 2 с пальцами 3, копирующее колесо 4 и совмещенный с ним выравнивающий каток 5, образуя выравнивающе-копирующий каток, максимально смещенный в сторону подбирающего барабана 2, оборачиватель ленты льна 6 с перекрестным ремнем 7, приспособление для расстила ленты льна 8 и прикатывающий каток 9. Выравнивающе-копирующий и прикатывающий 9 катки смонтированы на поворотных рамах 10, 11 оборачивателя лент льна 6 и прикатывающего катка 9, шарнирно соединенных с рамой 1 устройства. Уравновешивающие пружины 12 и 13 одними концами связаны с рамой 1 устройства, а противоположными – с поворотными рамами 10 и 11. Винтовые устройства 14 и 15 предназначены для изменения силы натяжения уравновешивающих пружин 12 и 13. Тяги 16 и 17 шарнирно связаны одними концами с поворотными рамами 10 и 11, а противоположными с гидроцилиндром 18 двухстороннего действия и предназначены для перевода выравнивающе-копирующего 4, 5 и прикатывающего 9 катков в рабочее или транспортное положения. Для установки пальцев 3 подбирающего барабана 2 на заданную величину относительно поверхности поля служат винтовые тяги 19 и гайки 20. Сница 21 служит для присоединения устройства к мобильному энергосредству (трактору). Рама 1 устройства со смонтированными на ней рабочими органами установлена на опорные колеса 22. Для привода рабочих органов устройства имеется крестообразная ременная передача 23 [8].

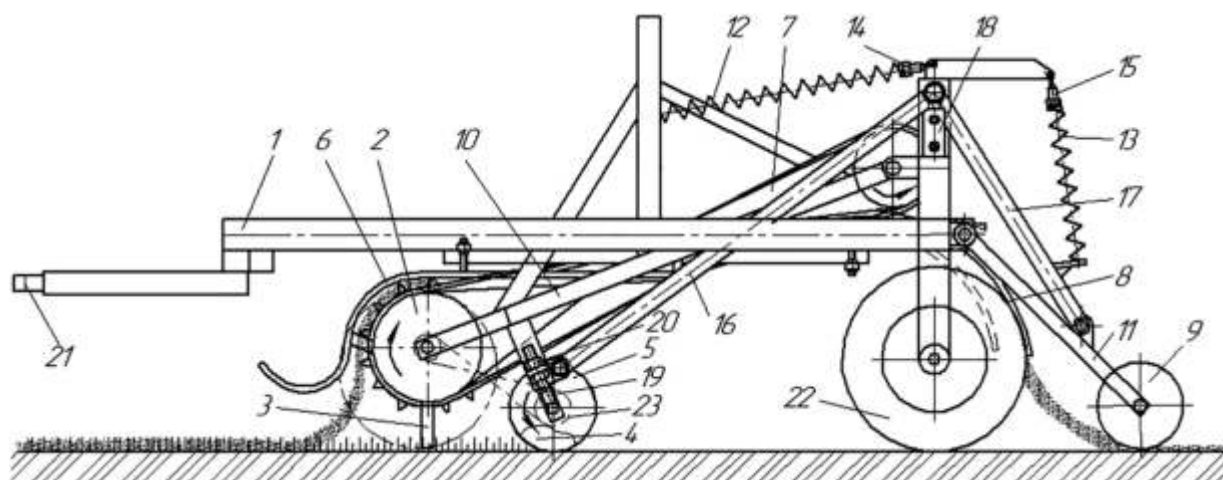


Рис. 1. Конструктивно-технологическая схема подборщика-оборачивателя

Вместе с этим проведенные теоретические исследования показали, что радиус прикатывающего катка согласно рис. 2 определим из условия, при котором стебли льна в обернутой и разостланной ленте прижимались бы к выровненной поверхности без их смещения и перепутывания [9].

Такое условие прикатывания слоя обернутой ленты свободно катящимся катком выразим не-

равенством $\beta \leq \varphi$ [10], где β – начальный угол прикатывания, φ – сумма углов трения стеблей о почву и поверхность прикатывающего катка.

$$\cos \beta = \frac{R_k - (h_{нл} - h_{пр})}{R_k} = 1 - \frac{h_{нл} - h_{пр}}{R_k}, \quad (1)$$

где R_k – радиус прикатывающего катка; $h_{нл}$ – толщина слоя обернутой ленты; $h_{пр}$ – толщина слоя прикатанной ленты.

Отсюда радиус прикатывающего катка

$$R_k \geq (h_{нл} - h_{пр}) / (1 - \cos \beta).$$

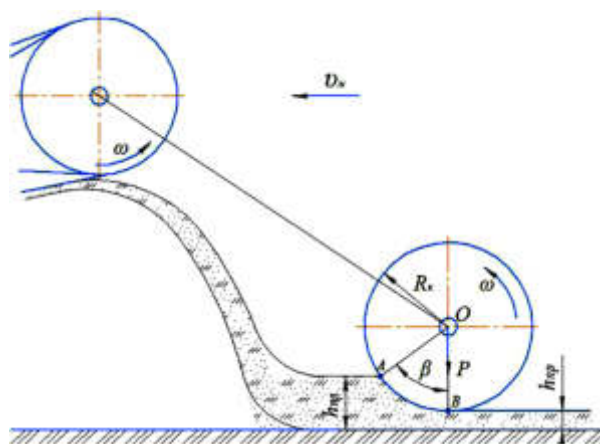


Рис. 2. Схема к расчету прикатывания обернутой ленты

При перекачивании со стороны катка на прикатываемую ленту действует сила Q , создающая давление, которая согласно [10–13] будет равна

$$Q = \frac{R_k E}{h_{\text{нл}}} (1 - \cos \beta), \quad (2)$$

где E – модуль упругости слоя стеблей льна $E = 5,8 \dots 3,5$ кПа [3–5].

Так как прикатывающий каток воздействует на обернутую ленту площадью S_{AB} , ограниченной длиной дуги АВ и длиной l катка, т.е.

$$S_{AB} = (\pi \cdot R_k \cdot \varphi / 180) \cdot l = 0,01745 \cdot R_k \cdot \beta \cdot l, \quad (3)$$

где φ – сумма углов трения стеблей о почву и поверхность прикатывающего катка; l – длина катка.

Подставив в уравнение (2) значение угла β по (1) и полученное (2) и умножив это (3), получим выражение силы P , необходимой для прикатывания ленты стеблей в зависимости от ее начальной толщины $h_{\text{нл}}$.

$$P = \frac{R_k E}{h_{\text{нл}}} \left[1 - \frac{R_k - (h_{\text{нл}} - h_{\text{пр}})}{R_k} \right] \cdot S_{AB}. \quad (4)$$

По формуле (4) проведены расчеты зависимости силы P от начальной толщины ленты $h_{\text{нл}}$ при следующих исходных значениях: $R_k = 0,15$ м – радиус прикатывающего катка; $h_{\text{нл}} = 0,02 \dots 0,06$ м – начальная толщина обернутой ленты; $h_{\text{пр}} = 0,015$ м – толщина прикатанной ленты; $l = 0,9$ м – длина прикатывающего катка; $E = 4,71$ кПа – модуль упругости. Результаты расчетов по уравнению (4) представлены графически на рис. 3.

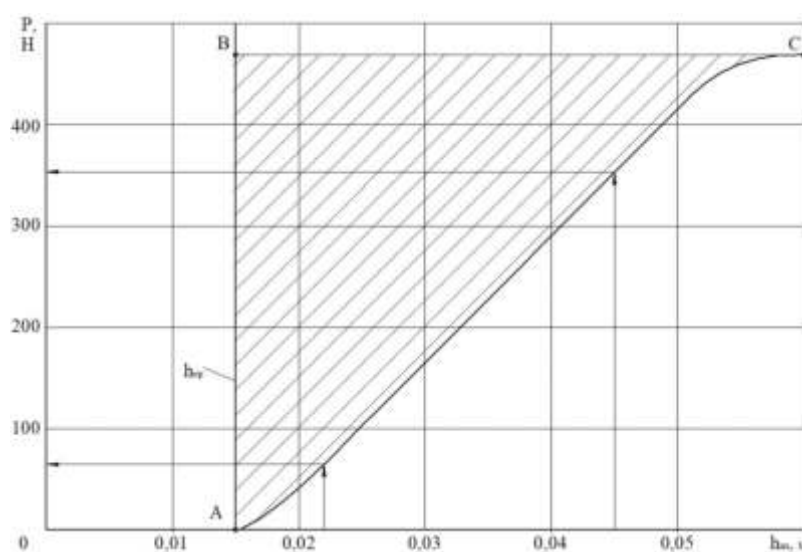


Рис. 3. График зависимости усилия прикатывания P обернутой ленты в зависимости от ее начальной толщины $h_{\text{нл}}$

Выводы

В результате того, что выравнивающий каток совмещен с копирующим колесом, образуя выравнивающе-копирующий каток, максимально смещенный в сторону подбирающего барабана, а за приспособлением для расстила ленты льна-долгунца размещен прикатывающий каток, значительно снижается чувствительность выравнивающе-копирующего катка даже к локальным неровностям поверхности поля. Поэтому уменьшается амплитуда колебаний подбирающего барабана в вертикально-продольной плоскости, в результате чего повышается чистота подбора ленты, устраняются перекосы и сгруживание стеблей в ней, т.е. сохраняется ее целостность, что

предопределяет устойчивость и качество выполнения технологического процесса последующими рабочими органами, а также повышение производительности устройства за счет возможности работы на более высоких скоростях. При уменьшении колебаний подбирающего барабана в вертикально-продольной плоскости значительно снижается заглубление его пальцев в почву, что уменьшает содержание почвы в обернутой ленте стеблей, возрастает ресурс его деталей, исключается пробуксовка перекрестного ремня.

Наличие уравнивающей пружины позволяет устанавливать необходимое давление на выравнивающе-копирующий каток путем изменения силы ее натяжения, что обеспечивает более эффективное выравнивание поверхности поля. Снабжение устройства прикатывающим катком и уравнивающей пружинкой позволяет осуществлять качественный расстил обернутой ленты стеблей разной толщины по выровненной поверхности поля путем изменения ее силы натяжения.

Расстил обернутой ленты по выровненной поверхности поля с одновременным ее прижимом к ней без излома стеблей, определяемым толщиной ленты, позволяет обеспечить равномерность расстила и ее целостность, без перекосов и сгуживания, сохранить исходную растянутость, ускорить процесс вылежки тресты. При переработке такой ленты стеблей на льнозаводе выработка и качество вырабатываемого длинного волокна повысятся.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках Государственного задания ФГБНУ ФНЦ ЛК (№ FGSS-2022-0005).

Список использованных источников

1. Перов, М.Г. Анализ состояния и пути повышения качества льнотресты // Наука в центральной России Science in the central Russia. – 2022. – Т. 58. – № 4. – С. 53–61.
2. Перов, М.Г. Совершенствование технологического процесса оборачивания лент льна / М.Г. Перов // Стратегические направления развития агропромышленного комплекса: сборник статей 73-й Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием / под ред. Т.В. Головковой [и др.]. – Караваево: Костромская ГСХА, 2022. – С. 141–145.
3. Ковалев, М.М. Обоснование выбора схемы и рабочих органов подборщика-оборачивателя лент льна / М.М. Ковалев, Г.А. Перов // Экономика, механизация и первичная обработка льна: Сб. науч. тр. / ВНИИ льна. – Торжок. – 1989. – Вып. XXVI. – С. 101–110.
4. Зинцов, А.Н. Усовершенствованный оборачиватель лент льна ОКП-1,5К / А.Н. Зинцов, В.Н. Соколов // Научные приоритеты АПК в России и за рубежом: Сб. ст. 72-й научн.-практ. конф. с межд. участием. – Караваево : Костромская ГСХА, 2021. – С. 317–323.
5. Андрощук, В.С. Классификация и анализ схем подбирающих аппаратов для уборки льнотресты / В.С. Андрощук, М.Г. Перов // Цифровизация в АПК: технологические ресурсы, новые возможности и вызовы времени: Сб. науч. тр. по мат. Межд. научн.-практ. конф. 11-13 февраля 2020 г. – Тверь : Тверская ГСХА, 2020. – С. 288–291.
6. Перов, Г.А. Повышение эффективности работы подборщика-оборачивателя льна за счет оптимизации его параметров и режимов: автореф. дис. ...канд. техн. наук : 05.20.01 / Г.А. Перов. – Санкт-Петербург-Пушкин, 1993. – 10 с.
7. Ковалев, М.М. Технологии и машины для комбинированной уборки льна-долгунца : дис.... д-ра тех. наук : 05.20.01 / М.М. Ковалев. – Тверь, 2010. – 499 с.
8. Способ уборки льна-долгунца и устройство для его осуществления: пат. 2776522 RU, МПК A01D 45/06 (2006.01) / Г.А. Перов, Р.А. Ростовцев, М.М. Ковалев, М.Г. Перов, С.В. Прокофьев, Д.Г. Фадеев; заявитель и патентообладатель ФГБНУ ФНЦ ЛК. – № 2021120718; заявл. 12.07.2021; опубл. 21.07.2022, Бюл. № 21. – 2 с.
9. Перов, Г.А. Исследование процесса расстила лент льна в подборщиках-оборачивателях / Г.А. Перов // Сб. науч. тр. / ВНИИ льна. – Торжок, 1987. – Вып. XXIV – с. 64–70.
10. Ковалев, М.М. Плющильные аппараты льноуборочных машин (конструкция, теория и расчет): Монография / М.М. Ковалев, В.П. Козлов. – Тверское областное книжно-журнальное изд-во, 2002. – 208 с.
11. Ковалев, Н.Г. Сельскохозяйственные материалы (виды, состав, свойства): учеб. пособие / Н.Г. Ковалев, Г.А. Хайлис, М.М. Ковалев. – М.: ИК «Родник», журнал «Аграрная наука», 1998. – 208 с.
12. Особов, В.И. Машины и оборудование для уплотнения сено-соломистых материалов / В.И. Особов, Г.К. Васильев, А.В. Голяновский. – М.: Машиностроение, 1974. – 232 с.
13. Сизов В.И. Разработка трудосберегающей технологии и комплекса машин для уборки льняной тресты в крупных паковках : автореф. дис. ... д-ра. техн. наук : 05.20.01 / В.И. Сизов. – М., 1991. – 52 с.

Н.Д. Лепёшкин, С.Ф. Лойко

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

ОБОСНОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ АГРЕГАТА И РАБОЧИХ ОРГАНОВ ДЛЯ ОСНОВНОЙ БЕЗОТВАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ СКЛОНОВЫХ ЗЕМЕЛЬ

Аннотация. В статье обоснована необходимость разработки агрегата для основной безотвальной обработки склоновых земель за один проход. Установлено, что агрегат должен иметь блочно-модульную конструкцию и производить послойную обработку почвы. Для этого агрегат должен оснащаться волнистыми дисками, чизельными рабочими органами с дополнительными элементами для рыхления почвы, опорно-прикатывающими и мульчирующими катками.

Ключевые слова: склоновые земли, безотвальная обработка, почвообрабатывающий агрегат, почвообрабатывающие рабочие органы.

Lepeshkin N.D., Loika S.F.

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

JUSTIFICATION OF DEVELOPMENT OF THE UNIT AND WORKING BODIES FOR BASIC DUMP-FREE TREATMENT OF SOIL IN SLOPE LANDS

Abstract. The article substantiates the need to develop a unit for the main non-moldboard tillage of slope lands in one pass. It has been established that the unit must have a block-modular design and carry out layer-by-layer tillage. For this, the unit must be equipped with wavy discs, chisel working bodies with additional elements for loosening the soil, back-up and mulching rollers.

Keywords: slope lands, non-moldboard cultivation, tillage machine, tillage working bodies.

Введение

Около 50 % пахотных земель Республики Беларусь расположено на склонах, где потенциально возможно проявление водной эрозии. Особенно сильно она проявляется во время стока талых и ливневых вод на обработанных участках. По данным исследований с 1 га водосборной площади вместе с потоками воды выносятся в среднем до 10–15 т твердой фракции почвы и 150–180 кг гумусовых веществ. При этом безвозвратные потери азота составляют до 10 кг, фосфора и калия – по 4–5 кг, кальция и магния – по 5–6 кг. В результате этого средние недоборы урожаев зерновых на склоновых землях в зависимости от степени их эродированности (разрушения) составляют: зерновых – 12–40 %, пропашных – 20–60 %, льна – 15–40 %, многолетних трав – 5–30 % [1].

Сток талых и ливневых вод на пахотных склоновых землях можно предупредить только при условии их полного впитывания почвой, т.е. с помощью агротехнических приемов обработки почвы. Поэтому обработка таких почв должна обеспечивать оптимальные условия роста и развития сельскохозяйственных культур и предупреждать развитие эрозионных процессов. Наиболее интенсивный размыв и смыв почвы происходит при весеннем стоке талых вод, так как в этот период на зяблевых фонах отсутствует растительность, и осенних ливнях, так как посевы озимых со слабой корневой системой еще недостаточно развиты. В связи с этим основная роль в предупреждении процессов эрозии принадлежит основной обработке почвы. Фактически применение основной обработки почвы в эти периоды оказывает существенное влияние на изменение

агрофизических свойств почвы. При этом обработка склоновых земель должна базироваться на технологии безотвального земледелия. Для условий Беларуси она должна включать такие приемы, как мульчирование верхнего слоя почвы растительными остатками, чизелевание пахотного слоя и глубокое рыхление подпахотного слоя с образованием гребней в нижней его части.

В целом в республике, в том числе и с участием РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», создано значительное количество различных конструкций почвообрабатывающих машин и рабочих органов для выполнения операций безотвальной обработки почвы. В связи с этим для обоснования перспективного агрегата и его рабочих органов требуется анализ их достоинств и недостатков, особенно в отношении обработки склоновых земель.

Основная часть

Для технического обеспечения безотвального способа основной обработки почвы в республике, в том числе и с участием РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», создан ряд высокоэффективных машин, обеспечивающих приемы мульчирующей обработки почвы, чизелевания и глубокого рыхления [1–4].

Так, для мульчирующей обработки почвы освоено производство нового поколения дисковых борон (дискаторов) и мульчировщиков. ОАО «Бобруйсксельмаш» производит типоразмерный ряд дискаторов АПН-3, АПН-4, АПД-6, АПД-7,5, ОАО «СелАгро» – дискаторов АДН-2,5, АДН-3Р, АДН-8Р) к тракторам мощностью 120–300 л.с. ОАО «Амкодор» – управляющая компания холдинга» производит бороны дисковые БДК-3, БДК-4, БДК-7,5 к тракторам мощностью 120–350 л.с. ОАО «Брестский ЭМЗ» производит агрегаты дисковые АП-6, АП-7 к тракторам мощностью 300–350 л.с. Производство луцильников ЛДР-9 к тракторам мощностью 300 л.с. налажено на ОАО «Щучинский ремонтный завод». Для чизелевания почвы ОАО «Амкодор» – управляющая компания холдинга» выпускаются культиваторы КГН-3,0, КГП-4,6, КГП-6,2, ОАО «Минойтовский ремонтный завод» – КНТ-5 и КНТ-6, ОАО «Минский райагросервис» – КНЧ-4,2. Кроме этого ГП «Экспериментальный завод» РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» и ОАО «Гидросельмаш» освоено производство чизельно-дисковых агрегатов АКМ-4 и АКМ-6, ОАО «Лунинецкий ремонтно-механический завод» – КЧД-6, ОАО «Витебский мотороремонтный завод» – АБТ-4, ОАО «Бобруйсксельмаш» – агрегата многофункционального АПМ-6. Для глубокого рыхления почвы ОАО «Минский райагросервис» освоило производство глубокорыхлителя ГЧ-4, ОАО «Брестский ЭМЗ» – глубокорыхлителя ГР-70, ОАО «Завод «Минскагропромаш» – глубокорыхлителя ГРТ-4В и другие.

Анализ технологических и конструктивных особенностей данной почвообрабатывающей техники и аналогичной ей, применяющейся в хозяйствах республики, показывает, что для обеспечения агротехнических требований к основной обработке почвы на склонах необходимо выполнить несколько проходов различных агрегатов по полю. В результате многократных проходов машин по полю происходит ухудшение оптимальной структуры почвы из-за чрезмерного распыления верхнего слоя почвы как движителями тракторов и сельхозмашин, так и рабочими органами сельхозмашин, стойки которых постоянно воздействуют на верхний слой. При этом снижаются влагозадерживающие и влагонакопительные свойства обработанного слоя, т.к. при проходах МТА во взрыхленном слое образуются пазухи, пустоты, происходит значительное повреждение стерни.

Для исключения приведенных негативных явлений при обработке склоновых земель перспективной видится схема комбинированного агрегата, позволяющего производить многоуровневую обработку почвы за один проход. При этом будут обеспечиваться оптимальные условия для роста и развития растений, исключаться развитие эрозионных процессов путем задержания и накопления влаги, так как за один проход будут выполнены приемы мульчирования, чизелевания и глубокого рыхления почвы. Это позволит после прохода агрегата с послойной обработкой пахотного слоя сформировать влагосберегающий и влагонакопительный слой почвы, состоящие из мульчированного растительными остатками и почвой верхнего слоя, хорошо разрыхленного среднего слоя и разрыхленного подпахотного слоя с гребнями в его нижней части.

Для реализации приведенной технологической схемы перспективный агрегат должен иметь блочно-модульную конструкцию, включающую следующие блоки рабочих органов: базовый – с рабочими органами для рыхления пахотного слоя; передний – с дисковыми рабочими органами; задний – с прикатывающими рабочими органами. Технологический процесс при этом будет выполняться следующим образом. Дисковые рабочие органы будут производить предварительное рыхление верхнего слоя почвы с одновременным измельчением (резанием) и перемешиванием растительных (стерневых) остатков. При этом после прохода дисковых рабочих органов большая часть растительных остатков должна остаться на поверхности или на минимальной глубине верхнего слоя. Это позволит после прохода агрегата создать верхний мульчирующий слой. Кроме этого диски позволят разблокировать верхний слой почвы и снизить сопротивление почвы на последующие рыхлительные рабочие органы.

Блок рыхлительных рабочих органов будет обеспечивать послойное рыхление на двух уровнях. На первом уровне обеспечится рыхление на глубину основной обработки почвы, т.е. пахотного слоя, а на втором уровне – глубокое рыхление (до 30–35 см) с образованием гребней в нижней части слоя. В зависимости от состояния пахотного слоя почвы может производиться только его рыхление. При необходимости данный блок может использоваться как самостоятельное орудие только для глубокого рыхления или щелевания почвы.

После прохода дисковых и рыхлительных рабочих органов окончательное формирование влагосберегающего и влагонакопительного слоя будет производиться прикатывающими рабочими органами. Они обеспечат разрушение комьев почвы, которые образуются на поверхности после прохода рыхлителей, до требуемых размеров, выравнивание поверхности почвы и уплотнение обработанного слоя почвы до требуемых параметров. При этом катки будут являться опорным элементом, относительно которого будет регулироваться глубина хода дисковых и рыхлительных рабочих органов. И в завершение они обеспечат окончательное формирование мульчирующего слоя почвы.

Заключение

1. С учетом агрофизических свойств почвы, возделываемых культур, севооборота, угла склона и эрозионной устойчивости почвы для основной обработки склоновых земель могут использоваться отвальный, безотвальный, поверхностный, комбинированный и другие способы обработки почв, но преобладающим является безотвальный способ обработки почвы, включающий такие приёмы обработки, как мульчирование, чизелевание, глубокое рыхление.

2. Для безотвального способа основной обработки почвы на склонах необходимо разработать агрегат, обеспечивающий не только оптимальные условия для роста и развития сельскохозяйственных культур, но и предупреждающий развитие эрозионных процессов путем задержания и накопления в почве влаги. Таким агрегатом может быть комбинированный агрегат, способный за один проход производить приёмы мульчирования, чизелевания и глубокого рыхления почвы.

Список использованных источников

1. Реестр земельных ресурсов Республики Беларусь (по состоянию на 01.01.2020.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://gki.gov.by/ru/activity_branches-land-reestr – Дата доступа: 16.08.2021.
2. Н.Г. Бачило. Энергосберегающие системы обработки почвы / Н.Г. Бачило // Современные технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сб. научн. материалов. – Мн.: ИВЦ Минфина, 2005 – С. 12–32.
3. ГОСТ 16265-89. Земледелие. Термины и определения. – М.: Издательство стандартов, 1990. – 21 с.
4. А.Ф. Жук. Почвообрабатывающие агроприёмы, технологии и комбинированные машины / А.Ф. Жук. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2012. – 144 с.
5. Н.К. Шидула. Почвозащитная система земледелия: Справ. кн. – Харьков: Правор, 1987. – 200 с.
6. Глубокое рыхление и щелевание эродированных и временно переувлажненных почв. Рекомендации // Госагропром БССР, НПО «Белсельхозмеханизация», НПО «Плодородие». Мн.: ЦНИИМЭСХ, 1988. – 19 с.
7. А.А., Точицкий Склоновые земли: боремся с эрозией / А.А. Точицкий, Н.Д. Лепешкин // Белорусское сельское хозяйство. – № 4 (120). – 2012. – С. 87–89.

В.В. Микульский, Э.В. Дыба, Л.И. Трофимович, П.В. Яровенко

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: mikulskyvadim@yandex.by

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ ГРЕБЁНЧАТЫХ ГРАБЛЕЙ-ВАЛКОВАТЕЛЕЙ ГВГ-9,5

Аннотация. В статье описано устройство гребёнчатых граблей-валкователей ГВГ-9,5, приведены результаты предварительных испытаний, а также показана экономическая целесообразность их использования перед серийно выпускаемыми отечественными граблями-валкователями роторного и колёсно-пальцевого типа.

Ключевые слова: корма, травы, валок, засорение, грабли, сгребание, гребёнчатые грабли-валкователи, устройство, предварительные испытания, экономическая эффективность.

V. V. Mikulsky, E. V. Dyba, L. I. Trofimovich, P. V. Yarovenko

RUE "SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization"

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: mikulskyvadim@yandex.by

PRELIMINARY TESTING RESULTS OF THE COMB SWATH COLLECTOR RAKES CSCR-9,5

Abstract. The article describes the mechanism of comb swath collector rakes CSCR-9,5, presents the results of preliminary tests, and displays the economic feasibility of their use in comparison with serially produced domestic rotary and star-wheel swath collector rakes.

Keywords: feed, grass, swath, clogging, rakes, raking, comb swath collector rakes, mechanism, preliminary tests, economic efficiency.

Введение

В Республике Беларусь технологическая операция сгребания высушенной или провяленной массы выполняется с помощью граблей-валкователей ротационного или колёсно-пальцевого типа, которым присущ один существенный технологический недостаток, заключающийся в принципе работы самой машины. Дело в том, что процесс сгребания травяной массы как ротационными, так и колёсно-пальцевыми граблями-валкователями происходит путем волочения рабочих органов по поверхности поля, чем увеличивается вероятность увлечения за собой камней и других инородных тел в валок. При уборке таких валков увеличивается и вероятность повреждения и выхода из строя рабочих органов кормоуборочной техники, что, в свою очередь, приводит к увеличению сроков уборки и потере кормов.

Кроме того, постоянный контакт рабочих органов граблей с поверхностью почвы приводит к увеличению засорения формируемого валка землей и пылью, особенно при валковании трав на торфяных почвах, что приводит и к потере энергетической ценности кормов [1]. Последнее влияние недостатка уже доказано исследованиями, проведенными в регионе интенсивного животноводства в Германии, где установлено, что увеличение содержания примесей в сухой массе собранного урожая с 2 до 4 % приводит к снижению их энергетической ценности до 4 %, а энергия, усваиваемая коровой, сокращается до 7,5 %.

Исследованиями также установлено, что для производства кормов с уровнем содержания примесей не 4, а 2 % в корма необходимо добавлять концентраты на сумму около 89 евро на 1 гектар в год [2].

Основная часть

С целью снижения загрязнения примесями травяной массы при сгребании их в валок такие зарубежные фирмы, как «New Holland North America» (США), «Berrima Engineering» (США), «ELHO» (Финляндия), «Repossi Macchine Agricole S.R.L.» (Италия), «SaMASZ» (Польша) и «Umwelttechnik» (Германия) разработали новые грабли-валкователи гребенчатого типа [3–8], принцип работы которых основан на минимальном контакте зубьев с поверхностью почвы (рис. 1).



а



б



в



г

Рис. 1. Грабли-валкователи гребенчатого типа: *а* – Rolabar rakes 230 фирмы «New Holland North America»; *б* – Clementer 550 F фирмы «Umwelttechnik»; *в* – 6000FP BIG фирмы «Repossi»; *г* – Clementer 300 F фирмы «Umwelttechnik»

Исследованиями данных фирм установлено, что именно благодаря минимальному контакту зубьев с поверхностью почвы земля и камни не поднимаются и не оседают на валке, что снижает риск повреждения рабочих органов кормоуборочного комбайна или пресс-подборщика, а также обеспечивает получение более высокого качества корма.

Кроме того, к преимуществам новых граблей-валкователей можно отнести отсутствие в сравнении с ротационными дорогостоящих кулачковых редукторов и карданного привода рабочих органов валкователя, что значительно снижает стоимость машины и сокращает энергопотребление на выполнение процесса сгребания в валок; обеспечивает впускивание трав, и, следовательно, более высокую скорость их сушки в валке; обеспечивает полное оборачивание валков с перемещением их на новое место.

Учитывая весьма убедительные достоинства гребенчатых граблей-валкователей перед ротационными и колесно-пальцевыми, а также приведенный экономический эффект от снижения количества примесей в кормах, РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» на базе ОАО «Управляющая компания холдинга «Лидсельмаш» разработан отечественный аналог полуприцепных гребенчатых граблей-валкователей ГВГ-9,5.

Грабли (рис. 2), состоят из рамы 1, дышла 2, навески 3, ходовых колес 4, поворотных стрел 5, рабочих секций 6, тормозной системы 7, гидрооборудования 8 и электрооборудования 9.

Дышло, рама, и навеска граблей представляют собой сварные конструкции, соединенные между собой шарнирно. Такое соединение между навеской и дышлом позволяет агрегату лучше маневрировать на поворотных полосах, а следовательно, сократить потери времени на уборку трав.

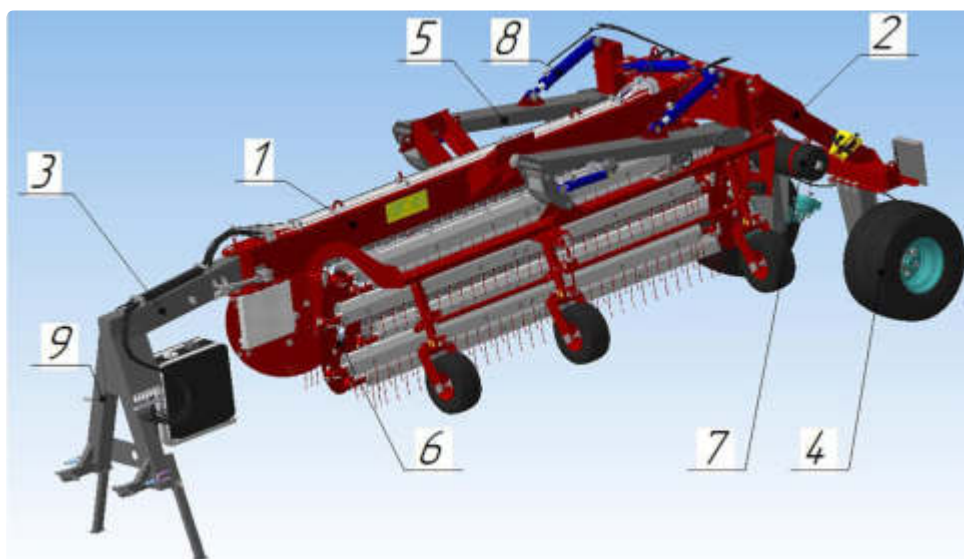


Рис. 2. Грабли-валкователи гребенчатые ГВГ-9,5 (вид сбоку): 1 – дышло; 2 – рама; 3 – навеска; 4 – колеса ходовые; 5 – стрелы; 6 – рабочие секций; 7 – тормозная система; 8 – гидрооборудование; 9 – электрооборудование

Шарнирное соединение дышла и рамы позволяет агрегату формировать валок как справа, так и слева относительно трактора. Это функция особенно полезна, если между прокосами небольшое пространство и необходимо избежать движения по ним.

Навеска граблей обеспечивает надежное присоединение их к заднему навесному устройству трактора в двух точках и имеет регулируемую опору для безопасного отсоединения (присоединения) граблей от (к) трактора(у).

Рабочие секции граблей служат для «чистого» сгребания растительной массы в валок и состоят (рис. 3) из рамы 1 и рабочих органов, состоящих из двух параллельно расположенных ведущей 2 и ведомой 3 боковин, к которым шарнирно соединены граблины 4 с пружинными зубьями 5.

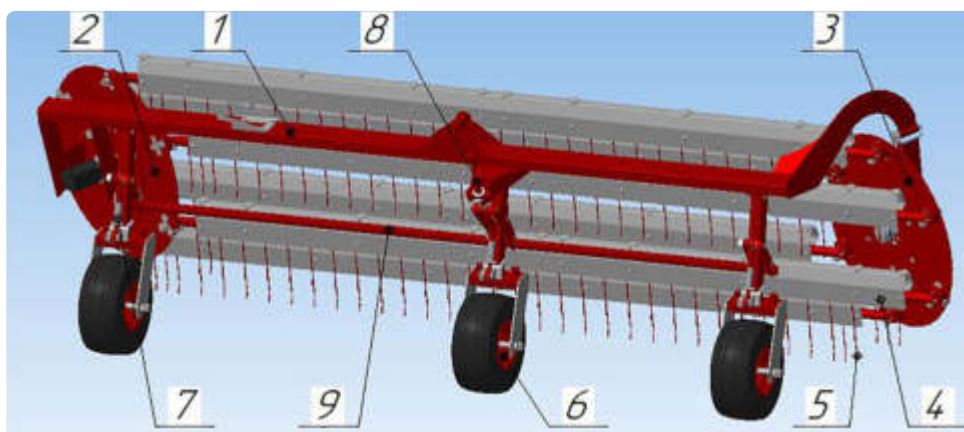


Рис. 3. Рабочая секция: 1 – рама; 2 – ведущая боковина; 3 – ведомая боковина; 4 – граблины; 5 – пружинные зубья; 6 – опорно-копирующие колеса; 7 – талрепы; 8 – рукоятка; 9 – рычажная система

Для обеспечения хорошей адаптации граблей к неровностям рельефа почвы рама 1 рабочих секций граблей опирается на три опорно-копирующие колеса 6, которые имеют довольно близкое расположение к пружинным зубьям 5.

Регулировка зазора между нижней частью зубьев граблин и поверхностью поля осуществляется талрепами 7, находящимися над каждым опорно-копирующим колесом, и рукояткой 8 через рычажную систему 9.

Гидрооборудование гребённых граблей-валкователей приводится в действие от ВОМ трактора и предназначено для привода рабочих секций и перевода их из транспортного положения в рабочее и наоборот, а также для поворота (смещения) дышла относительно оси движения трактора.

Привод рабочих секций граблей (рис. 4) осуществляется от гидромотора 1, а их подъём-опускание, складывание-раскладывание и вынос – гидроцилиндрами 2, 3 и 4 соответственно. Смещение дышла относительно оси движения трактора осуществляется гидроцилиндром 5.

Кроме того, при работе граблей в рабочем положении гидроцилиндры, обеспечивающие подъём-опускание рабочих секций, работают в так называемом режиме гидравлических пружин для более уверенного преодоления различных препятствий и неровностей почвы, защищая грабли от возможных поломок.

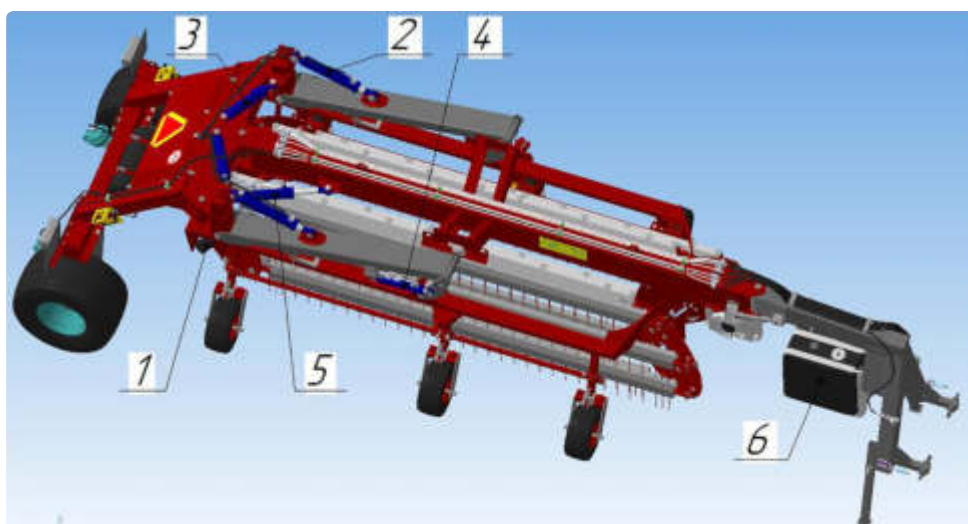


Рис. 4. Гидрооборудование: 1 – гидромоторы; 2, 3, 4, 5 – гидроцилиндры; 6 – стационарная гидросистема подачи масла

Тормозная система имеет два независимых друг от друга контура: пневматический, действующий от пневмосистемы трактора, и механический – ручной (стояночный тормоз). Пневматический привод тормозов служит для торможения ходовых колес граблей одновременно с трактором и срабатывает при нажатии тормозной педали в тракторе. Механический привод тормозов служит для одновременной блокировки ходовых колес граблей на стоянке.

Процесс валкования скошенной травяной массы граблями-валкователями ГВГ-9,5 осуществляется следующим образом. При движении граблей по проколу граблины правой и левой рабочих секций, вращаясь под углом к направлению движения, подхватывают скошенную массу. Благодаря параллелограммному механизму рабочих секций зубья граблин, совершая поступательное движение, перемещают подхваченную массу вдоль рабочей зоны, не давая ей при этом соприкоснуться с почвой до тех пор, пока масса не переместится в зону формирования валка. В процессе перемещения растительной массы в зону формирования валка рабочие органы граблей осуществляют их активное вспушивание и отделение от примесей (земли, пыли, камней и т.д.), обеспечивая таким образом «чистый» и хорошо продуваемый ветром валок.

Результаты исследований

Предварительные испытания гребёчатых граблей-валкователей проводились в ГП «Экспериментальная база «Зазерье» РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» на уборке трав. Общая наработка граблей за время испытаний составила 760 га. Отказов производственного и конструктивного характера зафиксировано не было.

Техническая характеристика ГВГ-9,5 представлена в табл. 1.

Таблица 1. Техническая характеристика граблей-валкователей ГВГ-9,5

Наименование показателя	Значение	
	по ТЗ	по испытаниям
Тип	полуприцепной	полуприцепной
Агрегатирование	трактора класса 2,0	трактора класса 2,0
Производительность за 1 час основного времени	до 11,4	до 14,32
Рабочая скорость, км/ч	от 7 до 12	от 7 до 15
Рабочая ширина захвата, мм	9500±200	9550
Удельный расход топлива за ч сменного времени, кг/га	1,55	1,34
Масса конструктивная, кг	3600±200	3740

В результате испытаний получены следующие параметры работы граблей-валкователей: производительность за 1 час основного времени составила 6,68–14,32 га/ч (при рабочей скорости от 7 до 15 км/ч), ширина сформированного валка 2,1 м, плотность валка при влажности скошенных злако-бобовых трав 64,3 % составила 10,5 кг/м, количество обслуживающего персонала – 1 чел., загрузка двигателя трактора составила 76–80 %, удельный расход топлива за основное время работы – 1,34 кг/га [9].

Расчет экономических показателей использования гребёчатых граблей-валкователей ГВГ-9,5 выполнен в сравнении с роторными ГВБ-6,2 и колесно-пальцевыми ГРЛ-9,6-01.

При определении годового экономического эффекта от использования гребёчатых граблей-валкователей учитывалось повышение энергетической ценности травяных кормов за счет снижения засорения их посторонними примесями при формировании валка. Расчет выполнен в ценах на август 2022 года.

Показатели сравнительной экономической эффективности валкования травяных кормов представлены в табл. 2.

Таблица 2. Показатели экономической эффективности валкования травяных кормов гребёчатыми граблями-валкователями ГВГ-9,5 в сравнении с роторными ГВБ-6,2 и колесно-пальцевыми ГРЛ-9,6-01

Наименование показателя	Значение	
	в сравнении с ГВБ-6,2	в сравнении с ГРЛ-9,6-01
Годовая экономия затрат труда, чел.-ч	180,73	72,47
Степень снижения затрат труда, %	59,12	36,71
Годовой приведенный экономический эффект, руб.	212 052,25	207 329,50
Годовая экономия себестоимости механизированных работ, руб.	183 027,60	216 119,17
Степень снижения себестоимости механизированных работ, %	60,19	64,09
Годовая экономия топлива, кг	77,32	296,41
Степень снижения расхода топлива, %	4,29	14,65
Срок окупаемости абсолютных капитальных вложений, лет	0,46	0,39
Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений, лет	0,01	0,22
Цена базовой машины (с НДС), руб.	82 560,00	37 600,00
Цена новой машины (с НДС), руб.	85 000,00	

В результате расчетов был получен положительный экономический эффект от использования разработанных гребённых граблей-валкователей за счёт уменьшения прямых эксплуатационных затрат на единицу наработки. Так, в сравнении с роторными граблями-валкователями данный показатель снизился в 2,5 раза, а в сравнении с колёсно-пальцевыми – в 2,8 раза. Уменьшились и сумма приведенных затрат от использования новых граблей-валкователей ГВГ-9,5 до 125,26 руб/га, против 289,80 руб/га при использовании ГВБ-6,2 и 286,14 руб/га при использовании ГРЛ-9,6-01. Также из расчетов показателей экономической эффективности видно, что годовые затраты труда от использования новых граблей-валкователей в сравнении с ГВБ-6,2 и ГРЛ-9,6-01 снизились на 59,12 % и 36,71 % соответственно, что обусловлено большей производительностью гребённых граблей-валкователей в час сменного времени: 10,31 га/ч против 4,22 га/ч (ГВБ-6,2) и 6,53 га/ч (ГРЛ-9,6-01). Также снизились затраты на топливо на 4,29 % при сравнении с ГВБ-6,2 и 14,65 % при сравнении с ГРЛ-9,6-01 [9].

Заключение

Таким образом, годовой экономический эффект от эксплуатации гребённых граблей-валкователей ГВГ-9,5, по данным предварительных испытаний, составил: в сравнении с роторными граблями-валкователями 212 052,25 руб., в сравнении с колёсно-пальцевыми – 207 329,50 руб. Экономия себестоимости механизированных работ составила 183 027,60 руб. и 216 119,17 руб. соответственно, что обусловило окупаемость дополнительных капитальных вложений новых граблей-валкователей за 0,01 и 0,22 года в сравнении с ГВБ-6,2 и ГРЛ-9,6-01. Приведенные цифры свидетельствуют о том, что использование граблей-валкователей гребённого типа экономически выгодно для сельскохозяйственных производителей нашей страны.

Список использованных источников

1. Лабозкий, И.М. Техническое обеспечение кормоуборочных работ. Состояние и перспективы / И.М. Лабозкий [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства: Межведомственный тематический сборник РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». В 2-х томах. – Мн.: 2013. – Вып. 46. – Т. 2. – С. 3–10.
2. Тройные комбинации дисковых косилок // Проспект фирмы KUHN (Франция), 2017. – 20 с.
3. RAKES 230/258 // Проспект фирмы «New Holland North America» (США), 2019. – 8 с.
4. Передние и задние гидравлические гребенки с центральным валком mod. 6000FP/7500FP // Проспект фирмы «Repossi Macchine Agricole S.R.L.» (Италия), 2017. – 4 с.
5. Ворошилки роторные, грабли роторные 2019/2020 // Проспект фирмы «SaMASZ» (Польша), 2019. – 17 с.
6. Leicht – futterschonend – geringer Energieaufwand CLEMENTER // Проспект фирмы «BB-Umwelttechnik» (Германия), 2020. – 8 с.
7. Грабли для сена Roller Bar – это сила и простота, позволяющая преодолевать большие расстояния // Проспект фирмы «Berrima Engineering» (США), 2018. – 8 с.
8. Ассортимент продукции ELHO 2020 // Проспект фирмы «ELHO» (Финляндия), 2019. – С. 6–9.
9. Протокол №1-2022П предварительных испытаний опытного образца граблей-валкователей гребённых ГВГ-9,5 / Испытательный полигон РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства» – пос. Ждановичи, 2022 – 34 с.

С.В. Соловьёв¹, С.Ф. Лойко²

¹ФГБНУ ФНЦ ЛК

г. Тверь, РФ

E-mail: info@fncl.ru

²РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: info@belagromech.by

УБОРКА ЛЬНА ОЧЕСЫВАЮЩИМ УСТРОЙСТВОМ

Аннотация. В статье рассмотрена технология уборки льна путем очеса растений на корню серийной однороторной жаткой с установленными на него гребенками. Данная жатка агрегируется с серийным зерноуборочным комбайном.

Ключевые слова: лен, льнокомбайн, очесывающий барабан, однороторная очесывающая жатка, гребенка, ворох.

S. V. Solovyov¹, S.F. Loika²

¹Federal Scientific Center for Bast Crops

Tver, Russia

E-mail: info@fncl.ru

²RUE "SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization"

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: info@belagromech.by

FLAX HARVESTING ON THE COMBING DEVICE

Abstract. The article discusses the technology of harvesting flax by combing plants on the root with a serial single-rotor harvester, with combs installed on it. This harvester is aggregated with serial combine harvesters.

Keywords: Flax, flax combine, combing drum, single-rotor combing header, comb, heap.

Введение

Наиболее трудоемким и затратным процессом в льноводстве является уборка, на долю которой в зависимости от принятой технологии приходится 65...80 % затрат труда, 55...75 % денежных затрат и до 40 % затрат энергии [1].

Основным технологическим процессом в комбайновом и раздельном способах уборки льна-долгунца является процесс отделения семенной части урожая от стеблей. От его совершенства зависят потери семян и соломы, выход и качество волокна, состав вороха, трудоёмкость и энергоёмкость процессов его сушки и переработки.

Основная часть

По своей природе процесс отделения коробочек от стебля является процессом разделительным с деформацией и частичным разрушением стеблей и семенных коробочек и характеризуется тем, что стеблевой слой, подвергаясь различным механическим воздействиям рабочего органа, частично или полностью (идеальный случай) разделяется на стебли и семенную часть – льняной ворох. При этом воздействие и видоизменение объекта обработки по возможности должно быть таким, чтобы семенные коробочки не разрушались, а стебли льна не повреждались, сохраняли свою целостность и природную прочность. Поэтому исследование способов отделения семенной части от стеблей – очеса льна, наряду с изучением силовых воздействий и разнообразных деформаций обрабатываемого материала, должно рассматривать, прежде всего, общие закономерности

сти рабочего процесса разделения массы льна на стебли и семенные коробочки, т.е. кинематики процесса очеса льна, так как задача, в конечном счете, сводится к разделению массы льна на компоненты, а не просто к разрушению связей коробочек со стеблями льна [2].

Очесывающие аппараты льноуборочных машин отличаются многообразием как по конструкции, так и по принципу действия. Наиболее распространёнными в применении являются четырех-гребневой очесывающий аппарат с основными лопастями и щитками и круговым поступательным движением гребней, применяемый на всех отечественных и зарубежных льнокомбайнах [3].

В результате анализа многолетних испытаний льнокомбайнов на машиностроительных станциях определили, что общие невозвратимые потери семян составляют в среднем для льнокомбайна ЛК-4А 6,63 %, что выше допустимых по агротребованиям (5 %). При этом на хорошем льне потери составляют около 2 %. В то же время на короткостебельном льне были случаи, когда общие потери семян доходили до 24,2 % [4].

Потери семян из камеры очеса слагаются из семян и коробочек, упавших сверху на ленту льна и выносимых ею на землю, семян и коробочек, выносимых нижней частью ленты льна с днища, и из семян, вылетающих через входное и выходное окна. Наибольшее значение имеют потери семян, выносимые лентой транспортера. Они образуются вследствие того, что часть семенных коробочек при их транспортировании в верхней части камеры очеса просыпается между гребнями вниз и скатывается по задней стенке на ленту льна, не попадая в зону воздействия гребней очесывающего барабана. Некоторые семена и коробочки из-за слабой транспортирующей способности лопастей и гребней очесывающего устройства попадают внутрь барабана и вращаются вместе с его лопастями, после чего выпадают на ленту. На днище камеры очеса скапливаются семенные коробочки и свободные семена, которые увлекаются выходящей из камеры очеса лентой стеблей, проходящей над ними, и по расстилочному щиту попадают на землю.

Плохая транспортирующая способность предопределена его конструктивно-технологическими и кинематическими параметрами. Для полного транспортирования их в воздушном потоке необходима более высокая скорость.

В связи с этим актуальной является задача по обоснованию и разработке малозатратной и эффективной технологии уборки льна путем очеса растений на корню серийными жатками, которые агрегируются с зерноуборочным комбайном.

Колосовые и метелочные культуры очесываются исключительно хорошо, без существенных потерь. Коробочки льна расположены в одном верхнем поясе растения, созревание равномерно, что позволяет в полной мере обеспечить их качественный очес без существенных потерь, согласно существующим агротребованиям.

Данная технология уборки льна заключается в следующем: на комбайн навешивается серийная очесывающая однороторная жатка с установленными на неё гребенками. Гребенки имеют необходимую форму и зазор. Очесывающая жатка осуществляет очес коробочек льна на корню, льняной ворох перемещается шнеком жатки, затем транспортером наклонной камеры, подавая в молотильно-сепарирующее устройство комбайна ворох, где полученные семена проходят первичную очистку. Очищенные семена льна транспортируются в бункер-накопитель комбайна. Оптимальная работа жатки достигается путем выбора необходимых кинематических показателей.

Распространение технологии уборки культур методом очеса обусловлено рядом ее достоинств:

- уменьшение загрузки транспортирующих и молотильных органов обрабатываемой массой;
- снижение нагрузки на сепарирующие рабочие органы;
- повышение производительности комбайна и, как следствие, сокращение сроков уборки [5].

Вывод

Данная технология позволит сократить потери семян льна в процессе уборки и увеличить производительность уборки льна. Она соответствует всем агротехническим требованиям и приемлема во всех регионах возделывания льна. Использование серийной очесывающей жатки позволит увеличить производительность уборки за счет увеличения ширины захвата рабочими органами.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках Государственного задания ФГБНУ ФНЦ ЛК (№ FGSS-2022-0005).

Список использованных источников

1. Черников, В.Г. Машины для уборки льна/ В. Г. Черников// Монография.– М., 1999. – С. 209.
2. Зинцов, А. Н. Научные основы отделения семенной части урожая от стеблей при раздельной уборке льна-долгунца/ А. Н. Зинцов // Тракторы и сельхозмашины. – 2020. – № 3. – С. 75–80.
3. Шишин, Д. А. Классификация очёсывающих аппаратов / Д. А. Шишин // Машинно-технологическая модернизация льняного антропопромышленного комплекса на инновационной основе: сб. науч трудов ВНИИМЛ. – Тверь, 2014. – С. 104–109.
4. Ковалев, М.М. Повышение эффективности комбайновой уборки льна-долгунца (рекомендации) / М.М. Ковалев, Ю.А. Боярчук. – Торжок, 1990. – 36 с.
5. Алдошин, Н. В. Стабильность технологических процессов в растениеводстве / Н. В. Алдошин// Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2007. – № 3. – С. 5 –7.

Д.Г. Фадеев¹, канд. техн. наук, **С.В. Прокофьев¹**, **Д.А. Шишин¹**,
А.В. Галкин¹, канд. техн. наук, **С.Ф. Лойко²**

¹ *ФГБНУ ФНЦ ЛК*

г. Тверь, РФ

E-mail: info@fncl.ru

² *РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»*

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: info@belagromech.by

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ИННОВАЦИОННОЙ МАШИНЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ СЕМЯН КАРУСЕЛЬНОГО ТИПА

Аннотация. В статье изложены проблемы обеспечения льноводства качественным посевным материалом, рассмотрены задачи научно-технического обеспечения семеноводства и разработки высокоэффективных машин и устройств для получения качественных семян. Предложена новая конструктивно-технологическая схема и изготовлена машина для очистки семян карусельного типа с замкнутым циклом. По результатам исследований были получены научно обоснованные параметры и режимы работы инновационной машины для высокоэффективной очистки семян льна, обеспечивающие получение семян льна 1 класса и снижение их дробления на 1–1,5 %.

Ключевые слова: лен-долгунец, семена, очистка, сорные примеси, решето, сепарация, лопатки.

D.G. Fadeev¹, PhD in technical sciences, **S.V. Prokofiev¹**, **D.A. Shishin¹**,
A.V. Galkin¹, PhD in technical sciences, **S.F. Loika²**

¹ *Federal Scientific Center for Bast Crops*

Tver, Russia

e-mail: info@fncl.ru

² *RUE "SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization"*

Minsk, Republic of Belarus

e-mail: info@belagromech.by

TEST RESULTS OF AN INNOVATIVE CAROUSEL-TYPE SEED CLEANING MACHINE

Abstract. The article describes the problems of providing flax production with high-quality seed material, considers the tasks of scientific and technical support of seed production and the development of highly efficient machines and devices for obtaining high-quality seeds. A new design and technological scheme is proposed and a carousel-type seed cleaning machine with a closed cycle is manufactured. According to the research results, scientifically substantiated parameters and operating modes of an innovative machine for highly efficient cleaning of flax seeds were obtained, ensuring the production of flax seeds of class 1 and reducing their crushing by 1–1.5 %.

Keywords: fiber flax, seeds, stripping, trash, sieve, separation, paddles.

Введение

Одним из важнейших факторов поддержания льняной отрасли является обеспеченность льносеющих хозяйств семенами высокого качества. Низкий уровень технической оснащенности льноводства приводит к использованию при посевных работах некондиционного семенного материала [1, 2], что отрицательно сказывается на развитии отрасли [3, 4].

Затраты на возделывание одного гектара льна-долгунца за последние пять лет выросли более чем в три раза. Для максимально эффективного использования ресурсов и достижения наивысшего результата в развитии отрасли необходимо внедрение в производственную деятельность новых научно обоснованных подходов и решений на всех стадиях возделывания культуры.

В связи с этим актуальным является совершенствование технологического процесса очистки и сортировки семян льна с целью повышения качества и конкурентоспособности семенного материала и снижения затрат.

В настоящее время очистку семян льна выполняют на линиях ПЛ-500, а также ОС-4,5А, СМ-4 с агрегатированием импортных машин CIMBRIA DELTA, PETKUS «Гигант» К-531; WESTRUP, представленных на рис. 1.



Рис. 1. Машины для очистки семян: а – ОС-4,5А; б – PETKUS «Гигант» К-531; в – WESTRUP PC; г – CIMBRIA DELTA

Анализ отечественных и зарубежных зерноочистительных машин показал, что на сегодняшний день и в ближайшей перспективе основными останутся машины, в конструкции которых используются пробивные решета, совершающие колебательные движения и установленные в различных комбинации решетных станов, такие как ОС-4,5А, PETKUS, WESTRUP и др.

Отличительной чертой таких машин является то, что основным рабочим органом является решетный стан с традиционной прямоугольной формой решет, на которых происходит разделение семенного материала на фракции. Качество очистки семян и производительность напрямую связаны с рабочей площадью решет, так как сепарация происходит на их ограниченной длине, что является существенным недостатком машин данного типа [5, 6]. С целью повышения производительности применяют многоярусную схему расположения, когда параллельно работающие решетные станы устанавливаются друг над другом, рис. 1 г). Недостатком данной компоновки является сложность конструкции, большие габариты и большой вес машин [7]. Поэтому основной задачей при создании новых и модернизации существующих семеочистительных машин является интенсификация процесса сепарации и очистки при заданных показателях качества выполнения технологического процесса.

Анализ технологических схем машин, использующих плоские решета для очистки семян, показал, что для снижения зависимости качества очистки семян от площади рабочих решет необходимо разработать такую технологическую схему, в которой очистка материала происходит по замкнутому циклу с постоянной его сепарацией. В результате была предложена новая конструктивно-технологическая схема универсальной машины для очистки и сепарации семян льна, которая может использоваться как для селекционной работы, так и производства посевных семян льна непосредственно в льносеющих хозяйствах [8, 9]. Главное её отличие от существующих в том, что в ней используются для очистки плоские решета круглой формы, что позволит семенной материал перемещать по замкнутому циклу с возможностью постоянного сепарирования.

Применение данной машины позволит повысить эффективность очистки семян с меньшими потерями, снизить затраты энергии и материалоемкость, что приведет к снижению себестоимости производимых семян льна.

Объекты и методы исследований

Для проведения исследований в лаборатории Агроинженерных технологий ФГБНУ ФНЦ ЛК был изготовлен опытный образец машины для очистки семян карусельного типа (рис. 2–4).

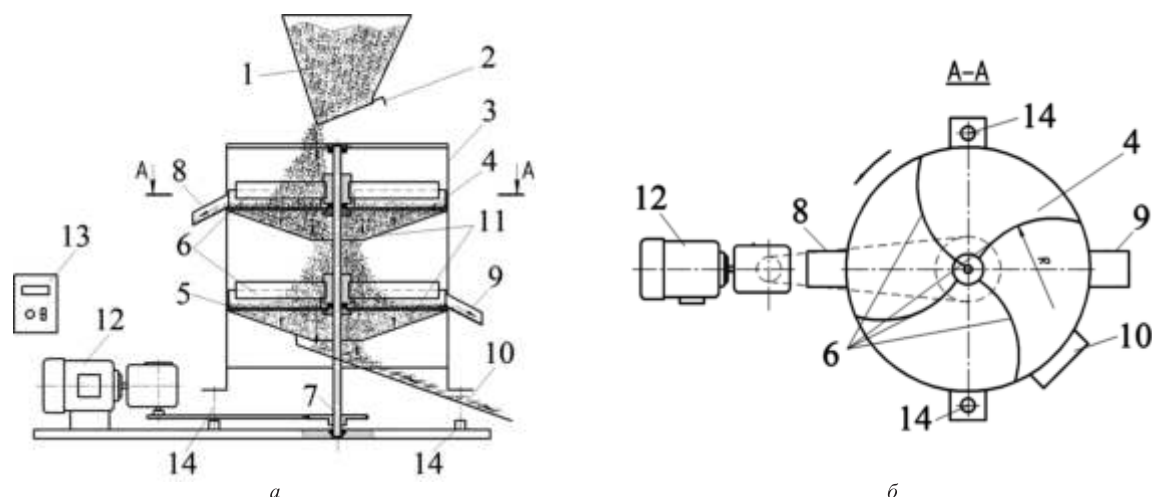


Рис. 2. Технологическая схема устройства для очистки семян карусельного типа: 1 – бункер; 2 – регулируемая заслонка; 3 – корпус; 4 – верхнее решето; 5 – нижнее решето; 6 – лопатки; 7 – вал; 8 – лоток схода крупных примесей; 9 – лоток схода чистых семян; 10 – лоток схода мелких примесей; 11 – конус схода; 12 – привод; 13 – частотный преобразователь; 14 – регулируемые опоры

Задача исследований состояла в определении показателей качества работы машины для очистки семян карусельного типа в зависимости от подачи, количества лопастей на рабочих органах машины и их частоты вращения.

Исследования проводили по методике математического планирования многофакторного эксперимента [10–12], с применением симметричного композиционного плана второго порядка типа B_k [12].

В качестве параметров оптимизации приняты: содержание семян основной культуры в очищенном материале – чистота семян $\mathcal{C}_{\text{оч}}$ и дробление семян $\mathcal{D}_c$ в результате очистки.

Чистоту семян льна-долгунца – $\mathcal{C}_{\text{оч}}$, % определяли по формуле (1):

$$\mathcal{C}_{\text{оч}} = 100 - \left(a + \frac{b}{2} \right), \quad (1)$$

где a – содержание сорной примеси, %, b – содержание масличной примеси, %.

Дробление семян $\mathcal{D}_c$ льна машиной α_2 , % определялось по формуле (2):

$$\mathcal{D}_c = \sum_{i=1}^{n_2} \alpha_{2i} - \alpha_{\text{исх}}, \quad (2)$$

где α_{2i} – содержание дробленого битого зерна в i -м выходе после очистки (ко всему исходному материалу), %; n_2 – число выходов; $\alpha_{\text{исх}}$ – содержание дробленого (битого) зерна в исходном материале, %.



Рис. 3. Опытный образец машины для очистки семян карусельного типа: а – вид сбоку; б – вид сверху



Рис. 4. Рабочие органы машины для очистки семян: 1 – лопатка; 2 – накладка из износостойкой резины класса А; а – с 4 лопастями; б – с 6 лопастями; в – с 8 лопастями

Выбранные факторы, интервалы и уровни их варьирования представлены в табл. 1.

Таблица 1. **Выбранные факторы, интервалы и уровни их варьирования**

Факторы						
Обозначение		Наименование	Уровни варьирования			Интервалы варьирования
в кодированных величинах	в натуральных величинах		нижний	нулевой	верхний	
			−1	0	+1	
X_1	W , т/ч	Подача семян	0,10	0,15	0,20	0,05
X_2	ν , мин ^{−1}	Частота вращения лопаток	3	6	9	3
X_3	$n_{\text{л}}$, шт	Количество лопастей	4	6	8	2

Кодирование выбранных факторов осуществляли по преобразованию (3):

$$X_i = (X'_i - X'_{i0}) / A, \quad (3)$$

где X_i и X'_i – соответственно кодированное и натуральное значение фактора; X'_{i0} – натуральное значение фактора на основном уровне; A – натуральное значение интервала варьирования факторов.

Опыты проводили в трехкратной повторности по матрице планирования эксперимента. Для исключения влияния неконтролируемых факторов опыты проводили рандомизировано [12].

При проведении эксперимента были выбраны диаметры сечений отверстий решет. Для верхнего решета он составил 4 мм, для нижнего 2 мм.

Характеристика исходного семенного материала приведена в табл. 2.

Таблица 2. **Характеристика исходного материала**

Наименование показателей	Значение показателей
Характеристика исходного материала, культура, сорт	Лен-долгунец, «Надежда»
Влажность зерна (семян), %	6,2
Состав исходного материала, %:	
– содержание семян основной культуры	88,6
– содержание дробленого зерна (семян)	2,0
Содержание семян сорных растений, шт./кг	4580
Содержание сорной примеси, %	0,5
Масса 1000 зерен (семян), г	5,1
Отход, %	8,9

Испытания проводились следующим образом. Были заготовлены навески семян льна, после чего навеска помещалась в бункер 1. Подача семенного материала в машину задавалась дозирующим устройством – заслонкой 2 бункера 1, после чего установка запускалась. Одинаковые обороты движения лопаток 6 по решетам 4 и 5 при работе машины поддерживались при помощи частотного преобразователя и контролировались цифровым тахометром.

Процесс очистки происходил следующим образом. Навеска семян насыпалась в бункер 1, далее семена через дозирующее устройство – заслонку 2 поступали в центральную часть верхнего решета 4, где под действием вращающихся криволинейных лопаток 6 перемещались от центра решета 4 к его периферии, просеивались через него, а оставшееся крупные примеси ссыпались в лоток для схода 8. Далее семена по верхнему конусу 11 поступали в центр нижнего решета 5 с меньшим диаметром отверстий. В процессе движения семян по спирали происходило выделение из них мелких примесей, а также щуплых и битых семян, которые просыпались сквозь нижнее решето 5 и отводились в отход, ссыпаясь на лоток 10. Чистые семена с края нижнего решета 5 поступали в приемный лоток 9.

Эксперимент проводился согласно ГОСТ 33735-2016 «Техника сельскохозяйственная. Машины зерноочистительные. Методы испытаний» [13] и ГОСТ Р 52325-2005 «Семена сельскохозяйственных растений. Сортные и посевные качества. Общие технические условия» [14].

Реализацией симметричного композиционного плана Бокса второго порядка получены адекватные экспериментальным данным многопараметрические регрессионные модели зависимости чистоты семян льна – $\text{Ч}_{\text{оч}}$ (4) и их дробление Д_c (5) от подачи W , количества лопастей $n_{\text{л}}$ на рабочих органах машины и их частоты вращения ν .

$$\begin{aligned} \text{Ч}_{\text{оч}} = & 85,81 + 0,41 \times X_1 + 1,01 \times X_2 - 3,41 \times X_3 + 0,82 \times X_1 \times X_2 + \\ & + 0,04 \times X_1 \times X_3 + 1,52 \times X_2 \times X_3 + 0,04 \times X_1^2 + 3,51 \times X_2^2 + 5,97 \times X_3^2 \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \text{Д}_c = & 0,69 - 0,07 \times X_1 - 0,19 \times X_2 + 1,05 \times X_3 - 0,3 \times X_1 \times X_2 - \\ & - 0,15 \times X_1 \times X_3 - 0,38 \times X_2 \times X_3 + 0,26 \times X_1^2 + 0,46 \times X_2^2 + 0,56 \times X_3^2 \end{aligned} \quad (5)$$

где X_1 , X_2 и X_3 – кодированные значения факторов W , ν и $n_{\text{л}}$ соответственно.

Результаты исследования

Анализ регрессии показал, что на чистоту семян и их дробление в процессе сепарации наибольшее значение оказывает количество лопастей $n_{\text{л}}$, меньшее – их частота вращения ν , наименьшее – подача семян W . Взаимодействие факторов X_2 и X_3 (частоты вращения ν лопаток и их количество $n_{\text{л}}$) также оказывает большое влияние на процесс сепарации.

Для регрессионных моделей (4) и (5) построены поверхности отклика и их двумерные сечения, представленные на рис. 5 и 6.

Анализ поверхностей на рис. 5 показал, что с увеличением подачи чистота семян снижается. Это объясняется тем, что удельная производительность решета q_p , кг/с·м² при увеличении подачи остаётся такой же, соответственно ухудшается качество сепарации. Дальнейшее увеличение подачи приведет к эффекту «засыпания решета», и неочищенный материал пойдет сходом в отходы. Увеличение количества лопастей на рабочих органах машины приводит к снижению чистоты получаемых семян, это вызвано ухудшением распределения семенного материала по рабочей поверхности решета, так как уменьшается его полезная площадь.

Увеличение скорости вращения рабочих органов с минимальных значений до средних ведет к снижению качества сепарации, дальнейшее увеличение скорости лопаток ведет к повышению чистоты получаемых семян. Это объясняется тем, что с увеличением оборотов ухудшается процесс сепарации, тем самым снижается их чистота. Дальнейшее увеличение оборотов рабочих органов (с 6 до 9 мин.⁻¹) приводит к тому, что часть семян не попадает в лоток схода и уходит на второй круг очистки, подвергаясь дополнительной сепарации, соответственно их чистота возрастает.

Анализ поверхностей на рис. 6 показал, что с увеличением количества лопаток и их частоты вращения дробление семян увеличивается. Это вызвано ростом количества воздействий и их интенсивности на обрабатываемый материал. Рост подачи материала также ведет к увеличению дробления зерна. Объясняется это тем, что удельная производительность решета q_p , кг/с·м² величина постоянная и рост подачи приведет к увеличению объема семян на решете и времени воздействия на них рабочих органов.

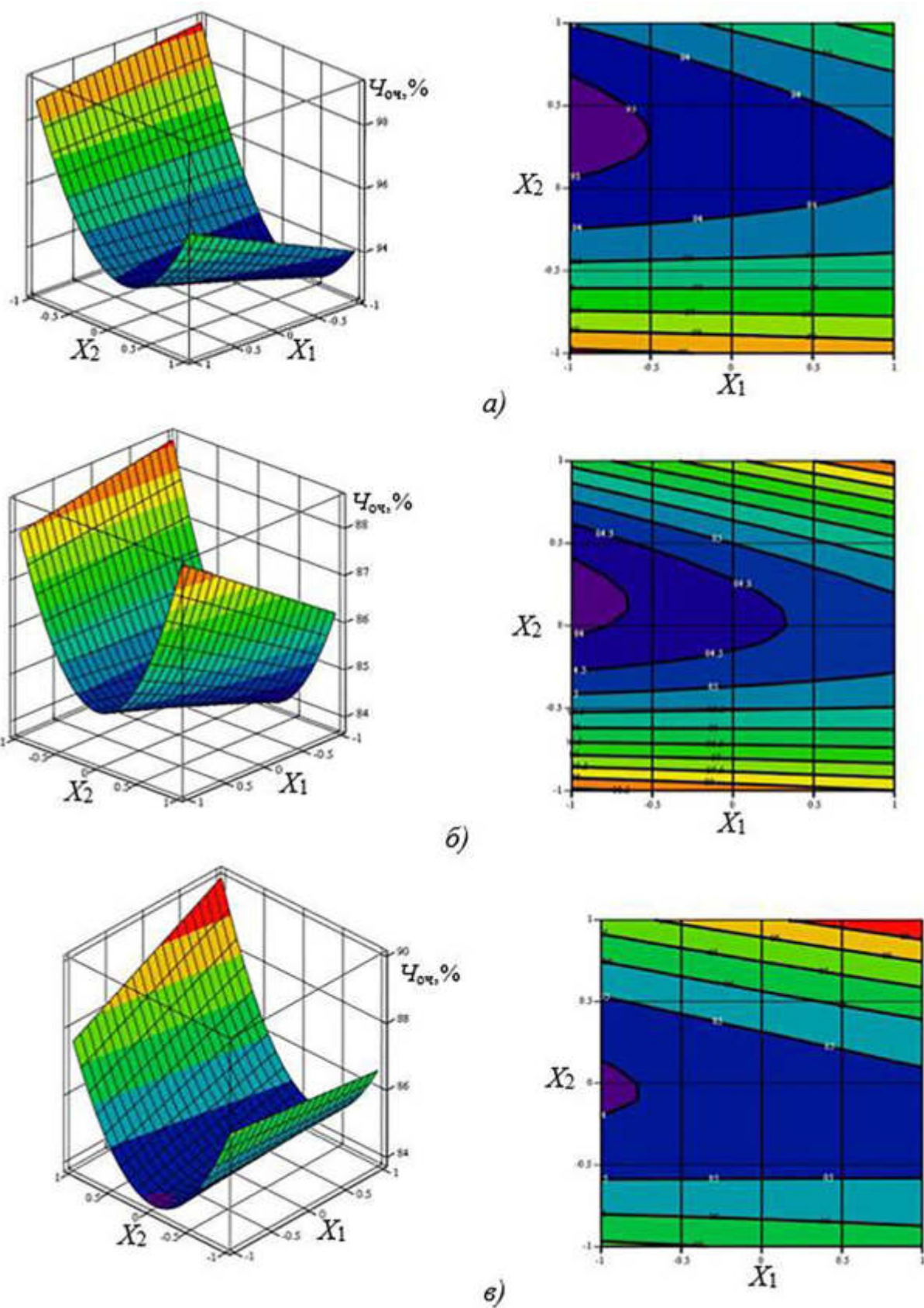


Рис. 5. Влияние подачи X_1 и скорости вращения X_2 рабочих органов семеочистительной машины на чистоту семян:
а) $n_{\text{л}} = 8$ шт.; б) $n_{\text{л}} = 6$ шт.; в) $n_{\text{л}} = 4$ шт.

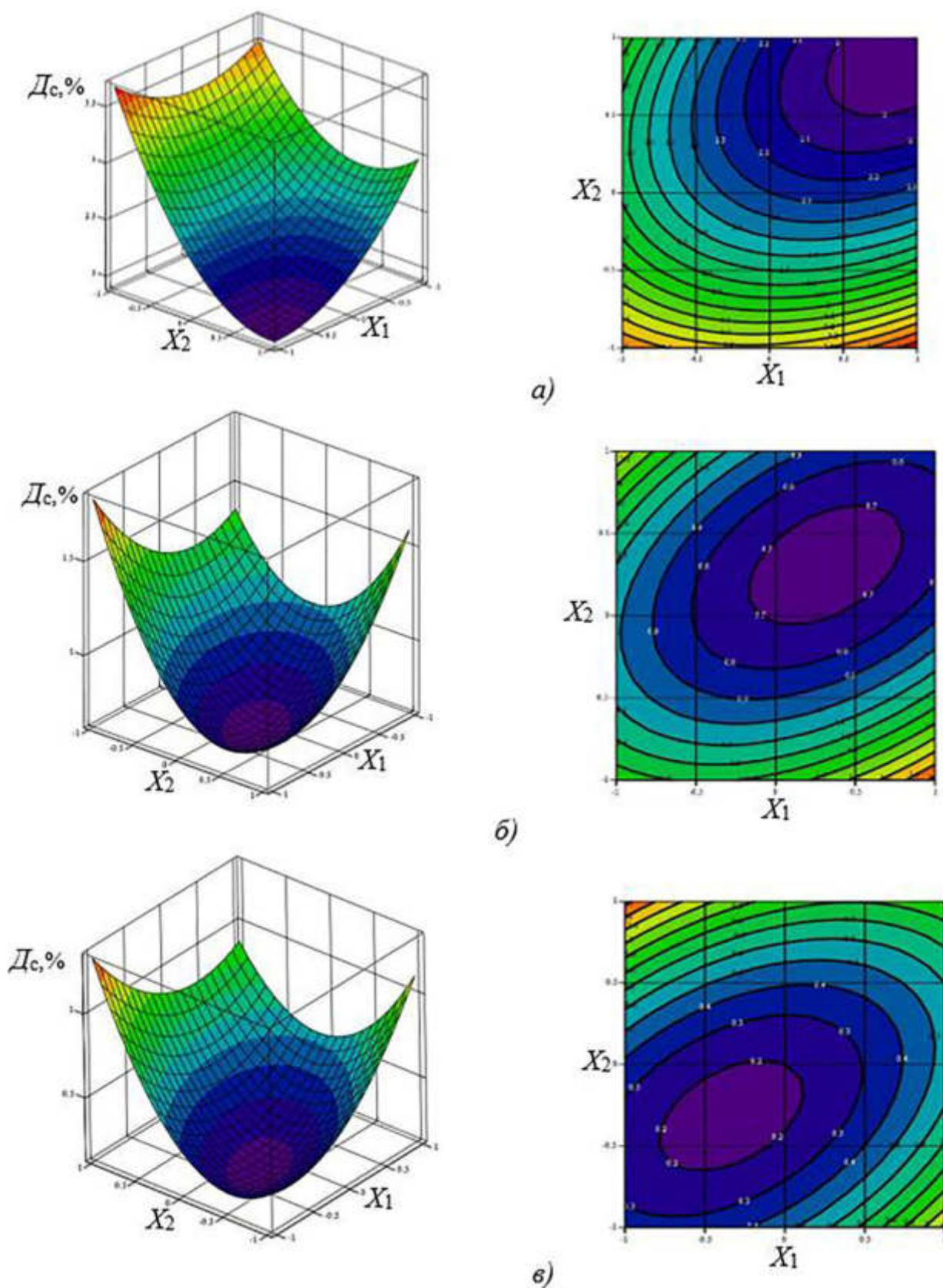


Рис. 6. Влияние подачи X_1 и скорости вращения X_2 рабочих органов семеочистительной машины на дробление семян D_c при различном количестве лопаток: а) $n_l = 8$ шт.; б) $n_l = 6$ шт.; в) $n_l = 4$ шт.

Заключение

По результатам исследований были получены научно обоснованные параметры и режимы работы инновационной машины для высокоэффективной очистки семян льна (подача семян льна до 0,15 т/ч; количество лопаток – 4 шт. и их частота вращения 3 об./мин.), обеспечивающие получение семян льна 1 класса и снижение их дробления на 1–1,5 %. При наличии в семенах трудноотделимых сорняков, в том числе плевел, семеочистительную машину можно агрегатировать с СОМ-25, СОМ-300, СОМ-500.

Таким образом, полученные результаты позволяют сделать вывод об эффективности предложенной конструктивно-технологической схемы и опытного образца машины для очистки семян карусельного типа с замкнутым циклом.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках Государственного задания ФГБНУ ФНЦ ЛК (№ FGSS-2019-0007 и № FGSS-2022-0005).

Список использованных источников

1. Анализ состояния и перспективные направления развития селекции и семеноводства технических культур; редкол.: И.В. Ушаповский [и др.]. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 84 с.
2. Системные проблемы льнокомплекса России и зарубежья, возможности их решения; редкол.: И.В. Ушаповский [и др.]// Молочнохозяйственный вестник. – 2017. – № 1 (25). – С. 166–186.
3. Машинно-технологическое оснащение селекции и семеноводства технических культур: науч. аналит. обзор; редкол.: Р.А. Ростовцев [и др.]. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 80 с.
4. Ростовцев, Р.А. Приоритеты в механизации современного льноводства/ Р.А. Ростовцев, В.Г. Черников// Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2016. – № 5. – С. 2–4.
5. Специализированные ресурсосберегающие технологии возделывания льна-долгунца на волокно и семена. Производственные рекомендации. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Российский центр сельскохозяйственного консультирования; редкол.: П.А. Чекмарёв [и др.]. – М.: ФГУ РЦСК, 2010. – 92 с, ил.
6. Медведев, Ю.А. Комплекс технических средств для повышения эффективности сепарации, сушки и переработки льняного вороха / Ю.А. Медведев. – Техника и оборудование для села. – 2016. – № 9. – С. 29–33.
7. Медведев, Ю.А. Моноблочная машина для обмолота вороха льна, рапса и трав МВУ-1,5 / Ю.А. Медведев, Н.А. Калашникова// Инновационные разработки производства и переработки лубяных культур: мат. Междунар. науч.-практ. конф., Тверь, 19–20 мая 2016 г./ Тверской гос. ун-т – Тверь, 2016. – С. 209–212.
8. Патент на полезную модель RU 182277 U1. Устройство для очистки семян / Ю.А. Медведев, Н.А. Калашникова, И.В. Ушаповский, Г.И. Левкина; заявитель и патентообладатель ФГБНУ ВНИИМЛ. – № 2018111128; заявл. 11.04.2017; опубл. 10.08.2018. – Бюл. № 22.
9. Медведев, Ю.А. Устройство для очистки семян карусельного типа/ Ю.А. Медведев, А.В. Галкин. – Агротехника и энергообеспечение. – 2018. – № 2 (19). – С. 92–100.
10. Фирсов, М.М. Планирование эксперимента при создании сельскохозяйственной техники/ М.М. Фирсов. – М.: Изд-во МСХА, 1999. – 127 с.
11. Хайлис, Г.А. Исследования сельскохозяйственной техники и обработка опытных данных [Текст] / Г.А. Хайлис, М.М. Ковалёв. – М.: Колос, 1994. – 170 с.
12. Кулаичев, А.П. Полное собрание сочинений в трех томах. Том 1. Методы и средства анализа данных в среде Windows. STADIA/ А.П. Кулаичев. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Информатика и компьютеры, 1999. – 341 с., ил.
13. ГОСТ 33735-2016 Техника сельскохозяйственная. Машины зерноочистительные. Методы испытаний [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200144757>. – Дата доступа : 29.08.2022.
14. ГОСТ Р 52325-2005 Семена сельскохозяйственных растений. Сортовые и посевные качества. Общие технические условия (с поправкой) [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200039547>. – Дата доступа : 29.08.2022.

Н.Д. Лепёшкин¹, С.В. Савчук², В.В. Мижурин¹

¹ РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: mehposev@mail.ru

² УО «Брестский государственный технический университет»

г. Брест, Республика Беларусь

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ ПОСЕВНЫЕ МАШИНЫ ДЛЯ ПОЧВОЗАЩИТНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Аннотация. В статье представлены разработанные РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» совместно с ОАО «БЭМЗ» посевные машины для посева по безотвальным фонам и прямо в стерню, показаны инновационные решения, обеспечивающие их эффективность и результаты их испытаний.

Ключевые слова: пневматическая сеялка, почвообрабатывающе-посевной агрегат, сеялка прямого посева, пневмовысев, патенты, рабочие органы.

Lepeshkin N.D.¹, S.V. Savchuk², Mizhurin V.V.¹

¹ SUE «SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization»

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: mehposev@mail.ru

² EE «Brest State Technical University»

Brest, Republic of Belarus

HIGH-PERFORMANCE SEEDING MACHINES FOR PROTECTION AGRICULTURE

Abstract. The article presents the sowing machines developed by RUE «SPC NAS of Belarus for agricultural mechanization» together with JSC «BEMZ» for sowing on non-moldboard backgrounds and directly into the stubble, shows innovative solutions that ensure their effectiveness and the results of their tests.

Keywords: pneumatic seeder, tillage and sowing unit, direct sowing seeder, pneumatic seeding, patents, working bodies.

Введение

Главным направлением совершенствования системы обработки почвы в современном интенсивном земледелии является увеличение количества обработок, сохраняющих на поверхности поля стерню и уменьшение интенсивности механической обработки почвы. Минимализация осуществляется по таким основным направлениям, как замена вспашки безотвальными обработками, сокращение числа и глубины обработок, совмещение нескольких технологических операций в одном технологическом процессе [1]. При использовании таких обработок, естественно, фоны, по которым будет осуществляться посев, также будут существенно отличаться от традиционных, полученных после вспашки и, в первую очередь, наличием в посевном слое растительных остатков. Поэтому конструкции посевных машин должны, с одной стороны, обеспечивать посев в обработанный слой почвы с содержанием растительных остатков или прямо в стерню, с другой стороны, должны соответствовать общим требованиям, которые предъявляются к современным посевным машинам. Одним из таких требований является их высокая производительность, которая должна обеспечиваться за счет увеличения ширины захвата, скорости движения и сокращения непроизводительных затрат времени во время их работы на повороты, перевод из транспортного положения в рабочее и наоборот, загрузки посевным материалом, контроль за работой системы высева и т.п.

С учетом этого РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» совместно с ОАО «БЭМЗ» разработало ряд посевных машин, обеспечивающих эффективный посев в системе почвозащитного земледелия. Так, для посева по предварительно подготовленной почве разработана пневматическая сеялка С-9 шириной захвата 9 метров, для посева, совмещенного с предпосевной обработкой почвы, – почвообрабатывающе-посевной агрегат АПП-9 шириной захвата 9 метров, а для прямого посева – сеялка прямого посева СПП-9, ширина захвата которой также составляет 9 метров.

Цель статьи – показать особенности и преимущества указанных машин, представить сведения об их назначении, устройстве, рабочих органах, результатах испытаний и об инновационных решениях, использованных при разработке конструкций.

Основная часть

Анализ исследований, отечественный и зарубежный опыт показывают, что провести качественный и своевременный посев можно как комбинированными почвообрабатывающе-посевными агрегатами, так и широкозахватными сеялками. Применение широкозахватных сеялок обусловлено их определенными преимуществами по сравнению с почвообрабатывающе-посевными агрегатами. С агрономической точки зрения при раздельном выполнении операций предпосевной обработки почвы и посева создаются условия для более качественной подготовки семенного слоя с учетом влажности почвы, особенно это важно в весенний период, когда влажность её неодинакова по площади поля. В таких условиях раздельная технология позволяет производить выборочную обработку, а следовательно, дает возможность провести посев в максимально сжатые сроки, что обеспечит дружные всходы, одинаковую степень развития растений и их одновременное созревание. С эксплуатационной точки зрения при разделении операций предпосевной обработки почвы и посева не требуются энергетические средства большой мощности, поэтому можно задействовать энергосредства меньшей мощности. В результате этого их годовая загрузка распределяется равномернее.

Для обеспечения раздельного посева разработана пневматическая сеялка С-9 (рис. 1), которая предназначена для рядового посева семян зерновых, колосовых, среднесемянных зернобобовых (горох, люпин), трав и других аналогичных им по норме высева и глубине заделки семян.



Рис. 1. Сеялка пневматическая С-9

Сеялка является полунавесной машиной и состоит из следующих основных узлов: рамы, снорца, колесного хода, сошников бруса, выравнивателей-рыхлителей, установленных перед сошниковым брусом, бункера, дозаторов, двух распределителей, вентилятора, привода вентилятора, привода дозаторов, пневмоматериалопроводов, гидросистемы, тормозной системы, маркеров, механизма управления маркерами, электрооборудования, системы контроля за процессом сева и образования технологической колеи.

Отличительные особенности: может применяться как в отвальной, так и безотвальной (почвозащитной) системах обработки почвы, равномерно распределяет вес по всей ширине захвата (независимо от заполнения бункера), имеет давление на сошник 160 кг, оснащена более совершенным запатентованным устройством для пневматического высева семян, обеспечивающим более равномерное распределение семян между сошниками [2].

В соответствии с патентом устройство содержит (рис. 2) распределитель 1 с отводящими патрубками 2, входной трубопровод 3 с коленообразным патрубком 4, турбулизатор воздушной смеси 5, выполненный в виде соосно установленных двух круглых усеченных конусов 6, 7, имеющих общее верхнее основание 8; турбулизатор воздушной смеси 5 установлен в верхней части *L* входного трубопровода 3 с коленообразным патрубком 4, а в распределителе 1 с отводящими патрубками 2 соосно с входным трубопроводом 3 установлен конусный отражатель 9, вершина *A* которого обращена к турбулизатору воздушной смеси 5, при этом образованная между конусным отражателем 9 и верхним конусом 6 турбулизатора воздушной смеси 5 щель имеет сужение в сторону отводящих патрубков 2.

Устройство работает следующим образом. Высеваемый материал из дозатора сеялки (не показана) поступает в распределитель 1 через входной трубопровод 3 с коленообразным патрубком 4 и установленным в его верхней части *L* турбулизатором воздушной смеси 5. В коленообразном патрубке 4 высеваемый материал под действием инерционных сил смещается к поверхности с большим радиусом кривизны. В турбулизаторе воздушной смеси 5 за счет сужения в круглом усеченном конусе 7 скорость высеваемого материала возрастает, и он выравнивается по всей площади поперечного сечения, а затем за счет расширения круглого усеченного конуса 6 на выходе из турбулизатора воздушной смеси 5 происходит интенсивное перемешивание высеваемого материала с воздухом и формирование однородной материал-воздушной смеси. Далее поток материал-воздушной смеси поступает на конусный отражатель 9, который плавно без травмирования переводит поток из вертикального положения в горизонтальное и направляет в отводящие патрубки 2. При этом образованная между конусным отражателем 9 и верхним конусом 6 турбулизатора воздушной смеси 5 щель, имеющая сужение в сторону отводящих патрубков 2, создает сужение потока на выходе из распределителя, что обеспечивает сохранение скорости и однородности потока, которое влияет на равномерное распределение высеваемого материала по отводящим патрубкам 2.

По результатам приёмочных испытаний [3] установлено, что неравномерность распределения семян между сошниками по ширине захвата сеялки, равной 9 метров, составляла: 3,1–3,6 % на высеве семян зерновых колосовых культур (по ТЗ не более 5,0 %); 4,9 % на высеве семян гороха и 3,8 % на высеве семян рапса (по ТЗ – не более 6 %); 7,5 % на высеве семян трав (по ТЗ не более 10,0 %). При этом сеялка обеспечивает производительность 9,63 га, коэффициент использования сменного времени 0,73, удельный расход топлива за сменное время работы (при использовании трактора «Беларус-3022») – 3,82 кг/га.

По сравнению с почвообрабатывающе-посевными агрегатами АПП-6Д ОАО «Лидагропромаш» при раздельном использовании сеялки С-9 и агрегата для предпосевной подготовки почвы АКШ-7,2 себестоимость механизированных работ снижается на 37,4 %.

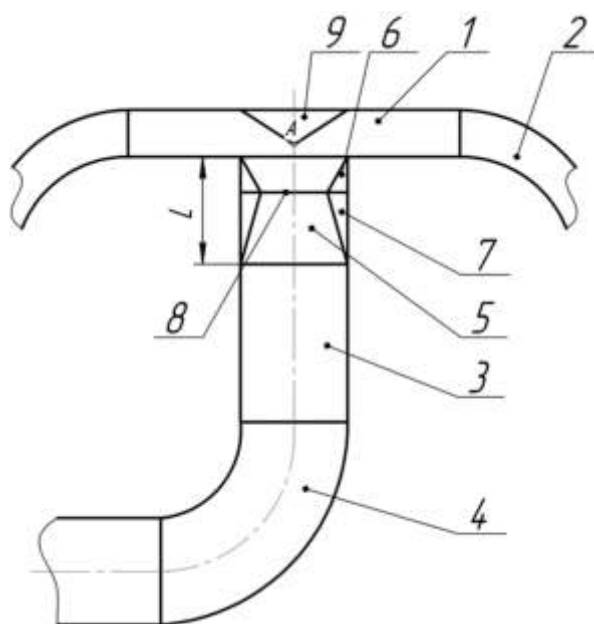


Рис. 2. Схема устройства для пневматического высева посевного материала: 1 – распределитель; 2 – отводящий патрубок; 3 – входной трубопровод; 4 – коленообразный патрубок; 5 – турбулизатор; 6, 7 – конус; 8 – верхнее основание; 9 – конусный отражатель

Для совмещенного посева, т.е. посева, который осуществляется одновременно с предпосевной обработкой почвы, разработан почвообрабатывающе-посевной агрегат АПП-9. Его отличительной особенностью является то, что с целью адаптации агрегата к различным фонам и почвам в его конструкции применен модульный принцип построения, позволяющий мобильно переоборудовать агрегат сменными рабочими органами (модулями) как для обработки почвы, так и для посева, что обеспечивает его многофункциональность и адаптированность к различным природно-производственным условиям.

Конструкция агрегата АПП-9 защищена патентом Республики Беларусь [4]. В соответствии с патентом агрегат включает (рис. 3) основную раму 1 с присоединительным устройством 2, опорные колеса 3, 4, рыхлительные рабочие органы 5, катки 6, сошники 7, систему подачи семян и удобрений, содержащие бункер, дозирующие и транспортирующие устройства.

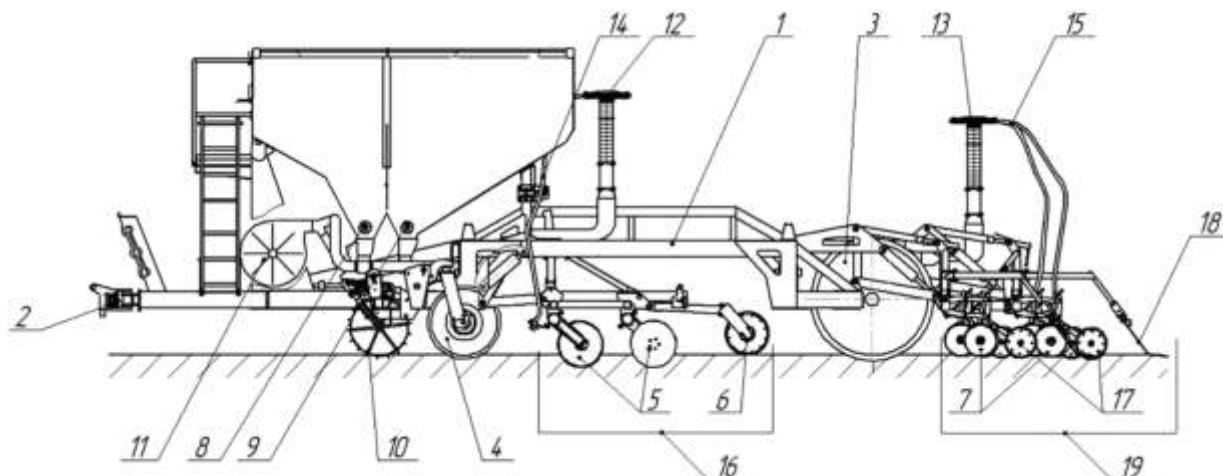


Рис. 3. Конструктивная схема почвообрабатывающе-посевного агрегата АПП-9: 1 – рама; 2 – присоединительное устройство; 3, 4 – опорные колеса; 5 – рыхлительные рабочие органы; 6 – каток; 7 – сошник; 8, 9 – дозатор; 10 – привод дозатора; 11 – вентилятор; 12, 13 – делительная головка; 14, 15 – материалопровод

При этом дозирующие устройства включают в себя дозаторы 8, 9 и привод дозаторов 10, а транспортирующие устройства включают вентилятор 11, делительные головки 12, 13 и материалопроводы 14, 15. Рыхлительные рабочие органы 5 в комплекте с катками 6 собраны в почвообрабатывающие секции 16, а сошники 7 и установленные после них каточки 17 с загортачами 18 собраны в посевные секции 19.

Такое конструктивное решение позволяет изготавливать почвообрабатывающие секции (модули) в виде навесных почвообрабатывающих машин, укомплектованных лаповыми, дисковыми, ножевидными и др. рыхлительными рабочими органами, при этом прикапывающий каток, используемый в этих машинах, также может иметь различный тип исполнения (планчатый, трубчатый, шпоровый и др.). Посевные секции при необходимости могут комплектоваться дисковыми, лаповыми, килевидными и др. типами сошников, а каточки и загортачи иметь различное исполнение. Для осуществления точного высева вместо указанных секций устанавливается навесная сеялка точного высева.

На основе описанной схемы (рис. 3) РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработало, а ОАО «БЭМЗ» изготовило опытный образец почвообрабатывающе-посевного агрегата АПП-9 (рис. 4).

Приёмочные испытания агрегата АПП-9 [5], при установке в почвообрабатывающих секциях сферических вырезных дисков диаметром 520 мм и спирально-трубчатого катка диаметром 520 мм, а в посевных секциях двудисковых сошников с диаметром дисков 280 мм, показали, что на обработке среднесуглинистых почв на осенних и весенних фонах с одновременным посевом зерновых культур агрегат обеспечивает требуемые агротехникой показатели качества подготовки почвы и заделки семян. Так, высота гребней после почвообрабатывающих секций составила



Рис. 4. Почвообрабатывающе-посевной агрегат АПП-9

4,0 см (по ТЗ – 4,0 см, не более), глубина заделки семян при оптимальном заглублении сошников составила 44,0 мм, отклонение заделки от заданной – 0,4 мм (по ТЗ $\pm 10,0$ мм).

Для прямого посева с одновременным внесением удобрений разработана сеялка СПП-9 (рис. 5).



Рис. 5. Сеялка прямого посева СПП-9

Одним из требований, предъявляемым к посевным машинам с одновременным внесением удобрений, является то, что они должны укладывать семена и удобрения так, чтобы семена и удобрения не контактировали друг с другом (для исключения токсического эффекта). При этом глубина заделки удобрений должна быть на 1,5–2,0 см больше глубины заделки семян [6]. Кроме этого сошники не должны забиваться растительными остатками и почвой и сами закрывать семена и удобрения. С учетом сказанного в конструкции сеялки СПП-9 применены сошниковые секции, которые обеспечивают предъявляемые к ним требования. Конструкция сеялки с новыми сошниковыми секциями защищена патентом [7].

В соответствии с патентом сошниковая секция состоит из (рис. 6) двух плоских дисков 1, 2 с расположенными в их междисковом пространстве семяпроводом 3 и тукопроводом 4, пружины 5 и прикатывающего катка 6 с механизмом его регулировки 7 относительно сошника. Сошники и катки смонтированы на грядиле 8, который подпружинено закреплен к задним брусам. Диски сошника выполнены разновеликими, т.е. имеют разный диаметр, а поэтому, контак-

тируя своими боковыми поверхностями разной площади с почвой, вращаются с разной скоростью и тем самым обеспечивают самоочистку и исключают забивание их почвой. Кроме того, в междисковом пространстве установлена пластина-направитель 9, которая направляет потоки удобрений в канавку, образованную диском большего диаметра, и потоки семян в канавку, образованную диском меньшего диаметра, и исключает их смешивание. Для лучшего сцепления с почвой диски по периметру имеют вырезы Д.

Сошник работает следующим образом. При движении сошника сначала плоский диск 1 большего диаметра формирует более глубокую бороздку для удобрений, а затем плоский диск 2 – более мелкую бороздку для семян.

Одновременно на дно более глубокой бороздки через трубопровод 4 подаются удобрения, которые засыпаются сходящей с дисков почвой, а затем через семяпровод 3 в более мелкую бороздку подаются семена, которые предварительно заделываются почвой, сходящей с дисков, и почвой, самопроизвольно осыпающейся со стенок бороздок за дисками. Окончательно заделка производится катками 6.

Испытаниями сеялки СПП-9, проведенными ГУ «Белорусская МИС», установлено [8]: при использовании на сеялке предложенной конструкции сошника с диаметром большего диска 400 мм, меньшего диска 360 мм и диаметром прикатывающего катка 280 мм на посеве зерновых культур при глубине заделки в интервале 20–60 мм отклонение глубины не превышает 2,9 % (по техническому заданию – 10 %), при этом глубина заделки удобрений на 1,5 см ниже глубины заделки семян.

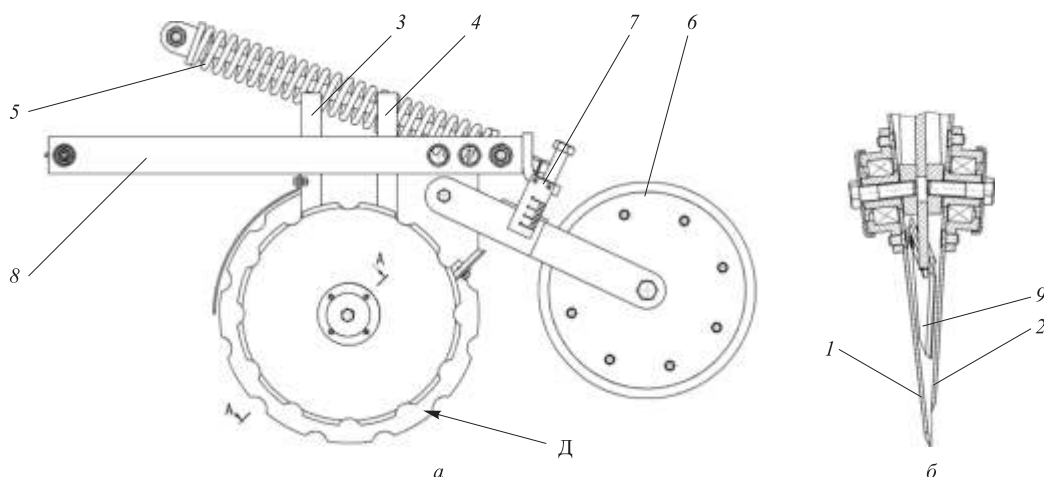


Рис. 6. Конструктивная схема сошниковой секции: а – вид сбоку, б – разрез А – А. 1, 2 – диски; 3 – семяпровод; 4 – тукопровод; 5 – пружина; 6 – прикатывающий каток; 7 – механизм регулировки; 8 – грядиль; 9 – пластина-направитель.

Заключение

1. Для обеспечения посева в системе почвозащитного земледелия по предварительно подготовленной почве разработана широкозахватная пневматическая сеялка С-9 с нагрузкой на сошник 160 кг, в которой для распределения семян по сошникам применено запатентованное устройство, обеспечивающее высокую равномерность указанного распределения. Эффективность сеялки и устройства подтверждена результатами приёмочных испытаний.

2. Для совмещения операций предпосевной подготовки почвы и посева разработан и запатентован почвообрабатывающе-посевной агрегат АПП-9, в котором почвообрабатывающие и посевные рабочие органы собраны в сменные секции (модули), что позволяет мобильно комплектовать агрегат рабочими органами, наиболее полно адаптированными к различным природно-производственным условиям. Испытания агрегата АПП-9 в комплектации почвообрабатывающей секции сферическими вырезными дисками и трубчатым катком, а посевной секции двухдиско-

выми сошниками, прикатывающими каточками и загортачами показали, что они обеспечивают требуемые агротехнические показатели по подготовке почвы и заделке семян и удобрений.

3. Для прямого посева разработана сеялка прямого посева СПП-9, в которой для разноглубинной укладки семян и удобрений применено запатентованное устройство для прямого посева в виде сошника с разновеликими дисками, позволяющего укладывать удобрения и семена на расстоянии 1,5–2,0 см друг от друга и проводить их заделку без забивания междискового пространства растительными остатками и почвой.

Список использованных источников

1. Лепешкин, Н.Д. К обоснованию способа и агрегата для основной обработки почвы склоновых земель (в условиях Республики Беларусь) / Н.Д. Лепёшкин, В.В. Мижурин, Д.В. Зубенко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. темат. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, «Беларуская навука», 2022, Вып. 55. – С. 131–137.
2. Устройство пневматического высева сыпучих материалов: патент на полезную модель ВУ 12461, МПК 7 А01С7/04 / Н.Д. Лепёшкин, В.В. Мижурин, Ю.Л. Салапура; заявитель РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – № u20100150; заявл. 12.06.2020; опубл. 30.12.2020.
3. Протокол № И 038(176) Б1/3 – 2012 приёмочных испытаний сеялки пневматической С-9 от 27 декабря 2012 / ГУ «Белорусская МИС». – 2012. – 96 с.
4. Почвообрабатывающе-посевной агрегат: пат. 11936 ВУ, МПК 7 А01В49/06, А01В79/02 / Н.Д. Лепешкин, В.В. Мижурин, Д.В. Заяц; заявитель РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – № u20180090; заявл. 02.04.2018; опубл. 28.09.2019.
5. Протокол № 119 Б1/3 – 2018 Ц приёмочных испытаний агрегата почвообрабатывающе-посевного АПП-9 от 12.12.2018 / ГУ «Белорусская МИС». – 2018. – 120 с.
6. Машины посевные и посадочные. Правила установления показателей назначения: ТКП 078-2007. – Введ. 06.08.2007. – Минск: Беларус. научн. ин-т внедрения новых форм хозяйствования в АПК, 2007. – 40 с.
7. Устройство для прямого посева: пат. 11632 ВУ, МПК 7 А01С7/20, А01В49/06 / Н.Д. Лепешкин, В.В. Мижурин, Д.В. Заяц, А.С. Мялик; заявитель РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – № u20170226; заявл. 20.06.2017; опубл. 30.04.2018.
8. Протокол № 099 Б 1/3 – 2016 НЦ приёмочных испытаний сеялки прямого посева СПП-9 от 29 декабря 2016 / ГУ «Белорусская МИС». – 2016. – 116 с.

П.П. Бегун, С.Ф. Лойко

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

ПРЕДПОСЕВНАЯ ПОДГОТОВКА ПОЧВЫ ПОД ПОСЕВ МЕЛКОСЕМЯННЫХ КУЛЬТУР

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы предпосевной подготовки почвы под посев мелкосемянных культур. Приведены агротехнические требования, предъявляемые к подготовке последней. Установлено, что крошение, выравнивание, предпосевное прикатывание почвы, выполняемые почвообрабатывающими катками, оказывают положительное влияние на свойства почвы, способствуют более быстрому прорастанию семян и повышению урожайности.

Ключевые слова: мелкосемянные культуры, предпосевная подготовка, прикатывание, рыхление, выравнивание, посевное ложе.

P.P. Behun, S.F. Loika

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

PRE-SEEDING PREPARATION OF SOIL FOR SOWING SMALL-SEED CROPS

Abstract. The article deals with the issues of pre-sowing soil preparation for sowing small-seed crops. The agrotechnical requirements for the preparation of the soil are given. It has been established that crumbling, leveling, pre-sowing soil compaction, performed by tillage rollers, has a positive effect on soil properties, contributes to faster seed germination and higher yields.

Keywords: small seed crops, pre-sowing preparation, rolling, loosening, leveling, seed bed.

Введение

Обработка почвы была и остается решающим фактором, влияющим на эффективность производства продукции растениеводства.

Одним из главных условий получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур является обеспечение надлежащей подготовки почвы к посеву и качественного сева семенного материала в почву.

Сочетание ряда приемов обработки почвы, проводимых с ранней весны до посева сельскохозяйственных культур, называют системой предпосевной обработки почвы под яровые культуры. Она должна создать наилучшие условия для проведения сева, быстрого и дружного прорастания семян и роста и развития растений, что впоследствии обеспечит проведение всех необходимых агротехнических мероприятий и мероприятий по уходу за посевами и уборкой в оптимальные агротехнические сроки. Особенно большое значение имеет предпосевная подготовка поля под мелкосемянные культуры, поскольку они весьма требовательны к качеству обработки последней.

Основная часть

К мелкосеменным культурам относятся сельскохозяйственные культуры, имеющие относительно небольшие геометрические размеры, не превышающие 2–3 мм, и небольшую массу семян. К примеру, масса 1000 семян масличных культур составляет менее 6 г, а 1000 семян зерновых – менее 25 г. К сельскохозяйственным культурам такого типа относятся лен-долгунец, яровой рапс, свекла, сурепица, клевер, тимофеевка луговая и другие однолетние и многолетние травы.

Предпосевная обработка почв является финишной и наиболее ответственной, так как она создает условия для прорастания и дальнейшего развития растений, получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур. Цель обработки почвы под мелкосемянные культуры состоит в том, чтобы создать благоприятные условия для их развития и обеспечить оптимальный для этого водно-воздушный и питательный режим в почве.

Такие условия обеспечиваются, если:

- структура почвы будет мелкокомковатой, с преобладанием комков диаметром 1–10 мм, и при наличии не менее 80 % комков размером от 1 до 25 мм;
- равномерность обработки почвы по глубине не менее 90 %;
- плотность почвы семенного ложа будет не выше $1,1\text{--}1,3\text{ г/см}^3$, а слоя почвы над семенами – $0,9\text{--}1,0\text{ г/см}^3$;
- поверхность поля выровнена, а высота гребней или глубина борозд не превышает 2 см;
- семенное ложе расположено на глубине заделки семян 2–3 см [1].

Для зерновых культур, к примеру, эти требования менее жесткие. Здесь отклонение средней глубины обработки от заданной находится в пределах ± 1 см, глыбистость (доля комков диаметром более 3 см) – 10–15 %; высота гребней и борозд не должна превышать 3 см. Очевидно, что создание посевного слоя под мелкосемянные культуры требует больших трудозатрат.

Основная задача предпосевной обработки почвы – это создание посевного слоя с оптимальным ложем для семян возделываемой культуры. Почва, подготовленная к посеву, должна быть хорошо разрыхленной на всю глубину пахотного слоя и мелкокомковатой, иметь выровненную поверхность и уплотненное ложе для семян.

К наиболее важным свойствам посевного ложа можно отнести следующие: абсорбцию сильных дождей; обеспечение устойчивости к трещинам и эрозии, предотвращающее испарение; обеспечение капиллярного транспорта воды к прорастающему семени; обеспечение запаса питательных веществ, запаса воды и кислорода для улучшения развития корней.

Оптимальное посевное ложе должно выглядеть так, как представлено на рис. 1: начиная с вершины – слой крупных агрегатов, включающих органическое вещество и защищающих почву от коркообразования, затем слой более мелких частиц, предотвращающих испарение влаги и создающих хороший контакт между почвой и семенем. Вода поступает к прорастающему семени из глубин посредством капиллярного транспорта, который требует достаточного соприкосновения семени и почвы. На легких почвах, а также на тяжелых глинистых капиллярность ослаблена, и особенно важно сохранить уже имеющуюся в почве влагу.

Все мелкосемянные культуры, как было отмечено выше, требуют заделки семян на глубину 1–2 см, что является существенной проблемой. Зачастую, особенно в жаркие дни, такой слой почвы быстро пересыхает, вследствие чего для прорастания семян не хватает влаги и всходы задерживаются, а полевая всхожесть снижается. Значительно повышается влажность почвы в зоне расположения семян при проведении предпосевного прикатывания. Благодаря этому семена более равномерно высеваются на заданную глубину и ложатся на уплотненное ложе.

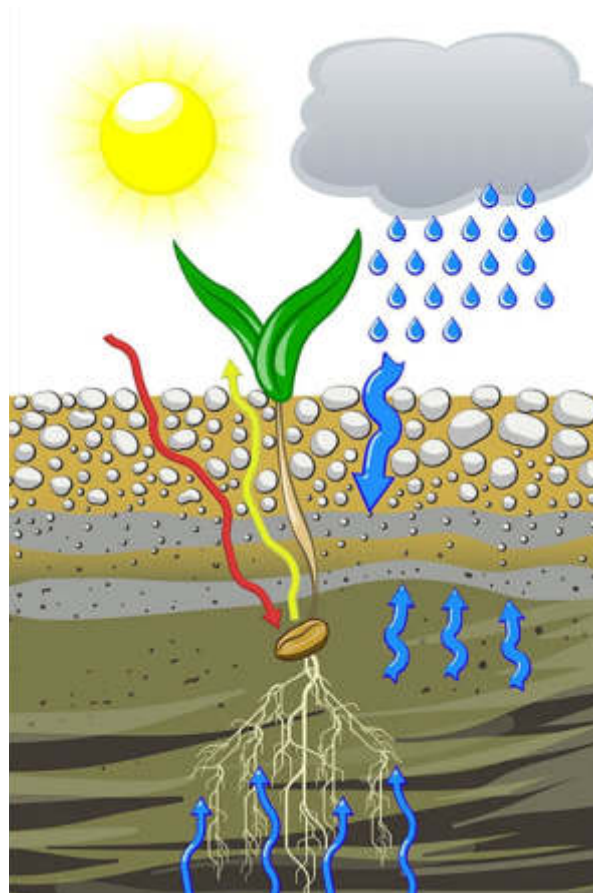


Рис. 1. Оптимальное посевное ложе

Очень важным условием при подготовке почвы под посев мелкосемянных культур является отсутствие плужной подошвы и переуплотненного подпочвенного горизонта. При их наличии с плотностью, близкой к критической ($1,6 \dots 1,7 \text{ г/см}^3$), корневые волоски растений не могут проникать в нижние горизонты в поисках влаги и питательных веществ. В этом случае подпочвенные горизонты «не работают на урожай». Особенно отрицательно это сказывается в засушливые годы. Потери урожая, по данным многочисленных исследований, могут достигать 7–26 % [2].

Многочисленными агрономическими исследованиями установлено, что наилучшее сочетание названных факторов достигается при расположении семян на границе двух слоев – плотного и рыхлого, высота которого равна глубине заделки семян. В этом случае семя снабжается водой, которая поступает из глубины по капиллярам, а через верхний слой почвы – кислородом и теплом. При этом из почвы свободно удаляется углекислый газ.

Такое идеальное семенное ложе можно сформировать, если предпосевная обработка слежавшейся после вспашки почвы проводилась на глубину заделки семян, чтобы посеянные семена ложились на плотное и влажное ложе и накрывались рыхлым слоем почвы. В этих условиях семенное ложе формируется путем подуплотнения той части взрыхленного слоя почвы, которая расположена ниже глубины заделки семян. Это позволяет в ближайшие дни после посева восстановить разрушенные капиллярные связи и обеспечить подъем влаги к семенам в любую засушливую погоду.

Если глубина предпосевной обработки больше оптимальной, семена ложатся на разрыхленный грунт, и к нему через прерывания капиллярной связи значительно хуже поступает влага из более глубоких слоев. В таком случае эффективность прорастания семян и появление всходов будет зависеть от климатических условий, в частности, от выпадения дождей после посева.

В Республике Беларусь основное место в севооборотах хозяйств занимают такие мелкосемянные культуры, как лен-долгунец и рапс, что обусловлено экономическими и социальными причинами.

Одной из отличительных биологических особенностей льна-долгунца, равно как и рапса ярового, является тот фактор, что они являются культурами довольно ранних и сжатых сроков сева, вызванных требовательностью к влаге в начальный и последующие периоды их вегетации, что затрудняет обработку почвы в связи с налипанием почвы на поверхность почвообрабатывающих рабочих органов. В связи с этим качественно выполнить предпосевную подготовку почвы возможно, только когда влажность почвы будет оптимальной и она не будет налипать на рабочие органы орудий. То есть почва должна прогреться до температуры $6\text{--}8^\circ\text{C}$ на глубине 10 см при влажности почвы 50–60 % от полной полевой влагоёмкости. Иначе достичь высокого качества работ не представляется возможным.

Среди основных технологических операций предпосевной подготовки почвы под посев мелкосемянных культур можно выделить рыхление, крошение, выравнивание и прикатывание верхнего слоя почвы, которые проводят почвообрабатывающими агрегатами. Эти операции обеспечивают необходимые технологические свойства почвы и водно-воздушный режим для равномерного прорастания растений и способствуют увеличению урожайности.

В зависимости от типа почвы, севооборотов, сортов культур, плотности, влажности и других условий предпосевную обработку почвы следует проводить разными способами. Практика использования различных технологий с применением различных почвообрабатывающих и посевных агрегатов подтверждает, что наиболее эффективной является предпосевная обработка почвы комбинированными агрегатами (рис. 2), которые способны обработать почву в сжатые агротехнические сроки и с требуемым качеством. Дополнительные обработки поверхности поля приводят к уплотнению почвы, большим затратам времени и средств. Поэтому наиболее целесообразно при предпосевной подготовке почв использовать комбинированные агрегаты, позволяющие совмещать технологически взаимосвязанные операции: рыхление, крошение, выравнивание и уплотнение поверхности почвы.



Рис. 2. Комбинированный агрегат для предпосевной обработки почвы «Лемкен-Корунд»

Рыхление и поверхностное боронование повышает оптимальный водно-воздушный режим в почве, уменьшает потерю влаги и создает условия для прорастания семян. Положительное влияние на создание благоприятных условий для прорастания семян в почве оказывает также применение почвообрабатывающих катков, которые, взаимодействуя с грунтовой средой, обеспечивают рыхление, выравнивание и прикатывание поверхностного слоя почвы. Благодаря прикатыванию также разрушаются комки и уплотняется поверхность почвы, что обеспечивает достижение оптимального контакта семян с почвой и регулирует влагообмен и температурный режим в зоне семенного ложа.

Практикой возделывания сельскохозяйственных культур доказано, что такие агротехнические приемы как крошение, выравнивание, предпосевное прикатывание почвы, выполняемые почвообрабатывающими катками, оказывают положительное влияние на свойства почвы, способствуют более быстрому прорастанию семян и повышению урожайности.

Заключение

Предпосевная подготовка почвы под посев мелкосемянных культур, заключающаяся в формировании оптимального посевного ложа, оказывает существенное влияние на равномерную заделку семян по глубине при посеве, повышение полевой всхожести и урожайности культурных растений.

Установлено, что в комплексе агротехнических мероприятий при подготовке поля под посев мелкосемянных культур широкое распространение получило прикатывание почвы. Оно снижает быстрое пересыхание почвы при засухах, разрушает комки и выравнивает поверхность почвы, значительно повышает ее влажность в посевном слое, что особенно важно для мелких семян, и, как следствие, приводит к быстрым и дружным их всходам, и, соответственно, к повышению урожайности.

Список использованных источников

1. Отраслевой регламент. Возделывание льна масличного на семена. Типовые технологические процессы. – Минск: РУП «Институт льна», 2017. – 25 с.
2. Отраслевой регламент. Возделывание льна-долгунца. Типовые технологические процессы. – Минск: РУП «Институт льна», 2017. – 35 с.
3. Голубев, В.В. Совершенствование технологических процессов и технических средств для предпосевной обработки почвы, посева льна и других мелкосемянных культур: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01 / В.В. Голубев. – М., 2017. – 41 с.
4. Компактор Opall-Agri. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://engine-market.ua/kompaktor-opall-agri-t36292> – Дата доступа: 17.06.2021.

Ю.В. Чигарев¹, д.ф.-м.н., **И.С. Крук¹**, к.т.н., доц., **Ф.И. Назаров¹**, к.т.н., **А.С. Воробей²**, к.т.н.

¹ УО «БГАТУ»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: Yuri.Chigarev.44@mail.ru, Kruk-Igar@mail.ru, windor@mail.ru

² РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: labpotato@mail.ru

ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К ОЦЕНКЕ УСТОЙЧИВОСТИ АГРОЭКОСИСТЕМ

Аннотация. В статье рассматривается вероятностный подход к оценке устойчивости агроэкосистем с учетом допустимого давления на почву.

Ключевые слова: схема взаимодействия, напряжения, вязкость, устойчивость, вероятность, математическое ожидание, дисперсия.

Yu.V. Chigarev¹, I.S. Kruk¹, F.I. Nazarov¹, A.S. Vorobei²

¹ EE "BSATU"

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: Yuri.Chigarev.44@mail.ru, Kruk-Igar@mail.ru, windor@mail.ru

² RUE "SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization"

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: labpotato@mail.ru

ABOUT ONE APPROACH TO THE ASSESSMENT OF SUSTAINABILITY OF AGROECOSYSTEMS

Abstract. The article considers a probabilistic approach to assessing the stability of an agroecosystem, taking into account the allowable pressure on the soil.

Keywords: experiment scheme, voltage, viscosity, probability, probability, mathematical expectation, variance.

Введение

Современные технологии обработки почвы ведут не только к уменьшению плодородия, но и к изменению состояния агроэкосистем. Энергетический цикл агроэкосистем отличается от природных биоценозов, так как имеет внешнее воздействие со стороны технологических машин и агрегатов. Для восстановления трофических и других биологических связей агроэкосистемы необходимо подпитывать элементами питания, обеспечивать севооборот, регулировать интенсивность антропогенного воздействия. Агроэкосистемы создаются и управляются человеком, а это не гарантирует им состояние устойчивого природного равновесия, присущего ненарушенным биоценозам.

Устойчивость состояния агроэкосистем зависит от многих параметров. Одним из таких важных параметров является почва. Агрофизическое состояние почв определяется упругостью, вязкостью, пластичностью и другими известными физическими свойствами, которые изменяются в зависимости от технологий обработки почвы и климатических условий.

Особую роль в деградации почвы играют колесные движители, массы которых превосходят допустимое давление на почву. Поэтому в математических моделях агроэкосистем желательно учитывать влияние допустимого механического воздействия на почву со стороны сельскохозяйственных деформаторов [1], сохраняющее их плодородие, а следовательно, обеспечивающее устойчивое состояние агроэкосистем.

Основная часть

На рис. 1 представлена схема взаимодействия сельскохозяйственной техники с почвой (агро-экосистемой) модели, которая описывается уравнением [2]:

$$\bar{Y} = A \cdot \bar{X}, \quad (1)$$

где $\bar{X}$ – входные параметры; $\bar{Y}$ – выходные параметры; A – оператор.

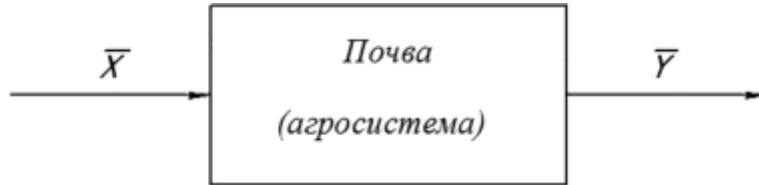


Рис. 1. Структурная схема воздействия сельскохозяйственной техники на почву (агроэкосистему)

Оператор A ставит в соответствие реализацию воздействия $\bar{X}$ реализации состояния $\bar{Y}$.

В соответствии модели (1) составляется уравнение колебаний напряжений, возникающих в почве от воздействия сельскохозяйственных машин

$$m \cdot \ddot{x} + \mu \cdot \dot{x} + k_o \cdot x = y(t), \quad (2)$$

где m – масса почвы; μ – коэффициент вязкости; k_o – коэффициент жесткости; x – напряжение в почве; $y(t)$ – случайное внешнее воздействие, связанное с обработкой почвы сельскохозяйственными деформаторами [2].

Решение данного уравнения после ряда преобразований будет

$$x(t) = x(t_o)x_1(t-t_o) + \dot{x}(t_o)x_2(t-t_o) + \int_{t_o}^t h(t-\tau)d\tau, \quad (3)$$

$$x_1(t) = e^{-\beta\omega_o t} \left(\cos \bar{\omega} t + \frac{3\omega_o}{\bar{\omega}} \sin \bar{\omega} t \right),$$

$$x_2(t) = \frac{1}{\bar{\omega}} e^{-\beta\omega_o t} \sin \bar{\omega} t,$$

$$h(t) = x_2(t),$$

$$\bar{\omega} = \omega_o \sqrt{1 - \beta^2}; \quad 0 < \beta < 1,$$

$$\omega_o = \frac{k_o}{m}.$$

Обычная процедура дает возможность получить математическое ожидание $m_x(t)$ и дисперсию $D_x(t)$ данного процесса.

Считаем, что допустимое давление на почву определяется средним напряжением $m_x(t)$.

В случае нормального распределения вероятность того, что x лежит в малом интервале от x до $x + dx$ в момент времени t определяется выражением

$$\rho(x)dx = \frac{1}{\sqrt{2\pi D_x}} \exp \left\{ -\frac{(x - m_x)^2}{2D_x^2} \right\} dx,$$

где $\rho(x)$ – плотность вероятности малых отклонений от среднего значения m_x для $x(t)$.

При больших отклонениях от среднего значения вероятность того, что контактное напряжение превзойдет величину несущей способности почвы будет

$$\rho[|x(t) - m_x(t)| > D_x(t)] = 1 - lrf\left(\frac{x}{\sqrt{2}}\right),$$

где $lrf = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\frac{x}{\sqrt{\pi}}} e^{-t^2} dt$ – интеграл вероятности.

Полученные вероятностные характеристики можно использовать в теоремах устойчивости [3], которые применимы в данной задаче.

Заключение

Полученные в статье зависимости позволяют оценить устойчивость агроэкосистемы с учетом допустимого давления на почву.

Список использованных источников

1. Чигарев, Ю.В., Синкевич П.Н. Математические основы механики почвы / Ю.В. Чигарев, П.Н. Синкевич. – Минск : УП «Технопринт», 2004. – 163 с.
2. Болотин, В.В. Случайные колебания упругих систем / В.В. Болотин. – М. : «Наука», 1979. – 335 с.
3. Хасьминский, Р.З. Устойчивость систем дифференциальных уравнений при случайных возмущениях их параметров / Р.З. Хасьминский. – М. : «Наука», 1969. – 245 с.

Э.В. Дыба, к.т.н., доц., **Л.И. Трофимович**, науч. сотр., **П.В. Яровенко**, ст. науч. сотр.,
В.В. Микульский, к.т.н.

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь
E-mail: dibua-18@mail.ru, trofimovich88@mail.ru*

МАКЕТНАЯ УСТАНОВКА ГРАБЛЕЙ КОЛЕСНО-ПАЛЬЦЕВЫХ С РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ СДВОЕННОГО ТИПА

Аннотация. В статье представлены общие сведения, назначение, устройство, а также технологический процесс работы макетной установки граблей колесно-пальцевых с рабочими органами сдвоенного типа для валкования травяных кормов.

Ключевые слова: кормопроизводство, травяные корма, качество травяных кормов, грабли-валкователи, сгребание, ворошение, оборачивание, колесо пальцевое.

E.V. Dyba, L.I. Trofimovich, P.V. Yaravenka, V.V. Mikulski

*RUE "SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization"
Minsk, Republic of Belarus
E-mail: dibua-18@mail.ru, trofimovich88@mail.ru*

LAYOUT INSTALLATION OF WHEEL-FINGER RAKES WITH WORKING BODIES OF DOUBLE TYPE

Abstract. The article presents general information, purpose, device, as well as the technological process of operation of a model installation of a wheel-finger rake with working bodies of a double type for swathing grass fodder.

Keywords: fodder production, grass fodder, quality of grass fodder, rake-rakes, raking, tedding, turning, finger wheel.

Введение

Проведенный анализ современных конструкций колесно-пальцевых граблей [1–4] для валкования травяных кормов показывает востребованность данного типа граблей вследствие их надежности и простоты в эксплуатации, высокой производительности, низкой стоимости, а также multifunctionality. Зарубежными производителями ведутся работы по созданию и применению новых механизмов, обеспечивающих идеальное копирование рельефа поля, а также повышению маневренности граблей.

Одной из перспективных разработок можно считать грабли-валкообразователи с двухколесным механизмом. Использование граблей с этим изобретением позволяет получить корм высокого качества, на 66 % менее загрязненный золой (по сравнению с традиционными граблями) и обладающий более высокой питательной ценностью [5]. В связи с этим проведение исследований процесса валкования травяных кормов рабочими органами сдвоенного типа для определения эффективности их использования на качество заготавливаемых кормов является актуальной научно-технической задачей.

Основная часть

На основе изученной отечественной и зарубежной научно-технической информации обоснованы основные конструктивные параметры сдвоенных рабочих органов [6] и разработана конструкторская документация на макетную установку граблей колесно-пальцевых с рабочими органами сдвоенного типа (рис. 1 и 2).

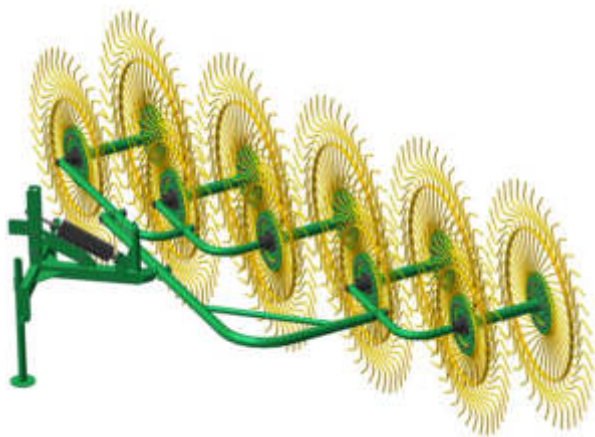


Рис. 1. 3D-модель макетной установки граблей колесно-пальцевых с рабочими органами сдвоенного типа

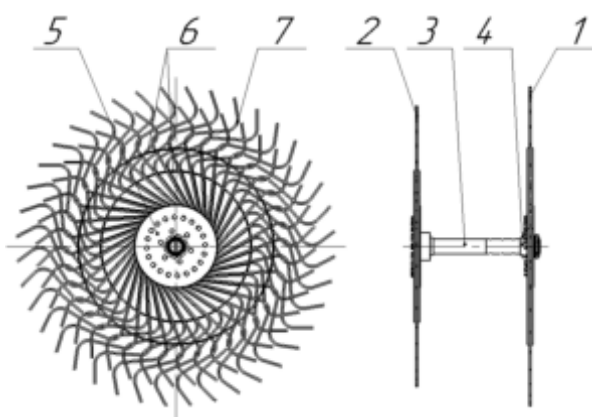


Рис. 2. Рабочий орган сдвоенного типа: 1 и 2 – колёса пальцевые; 3 – удлинитель; 4 – ступица; 5 – диск; 6 – кольцо-обод; 7 – палец пружинный

Для исследования процесса валкования травяных кормов, а также изучения эффективности граблей колесно-пальцевых с рабочими органами сдвоенного типа РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» в соответствии с разработанной конструкторской документацией изготовлена макетная установка для сгребания (валкования) травяных кормов (рис. 3).



Рис. 3. Макетная установка граблей колесно-пальцевых с рабочими органами сдвоенного типа

Для проведения экспериментальных исследований по определению потерь и качества сгребания травяных кормов макетная установка оснащена приводными колесами диаметром 1400 мм, а также сменными сгребующими колесами диаметром 1200, 1250, 1300 и 1350 мм (рис. 4). Расстояние между сгребующими и приводными колесами регулируемое, 350, 400, 450, 500 мм. Расстояние между соседними сдвоенными колесами – 750 мм [6].



Рис. 4. Изготовленные сменные сгребующие колеса макетной установки

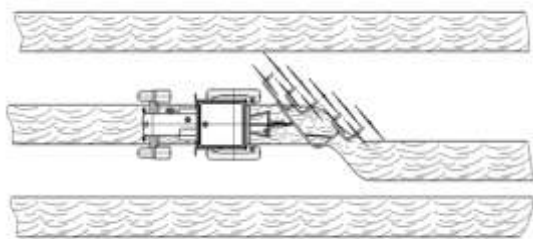


Рис. 5. Схема оборачивания валков

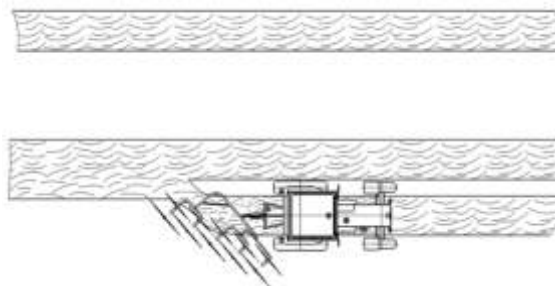


Рис. 6. Схема сдваивания валков

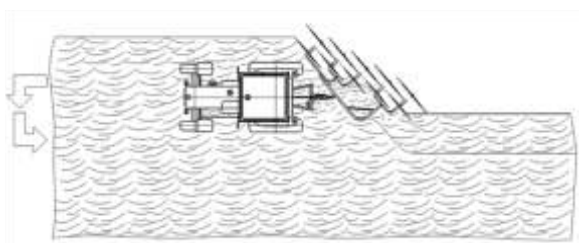


Рис. 7. Схема сгребания растительной массы из рассти-
ла в валок (первый проход)

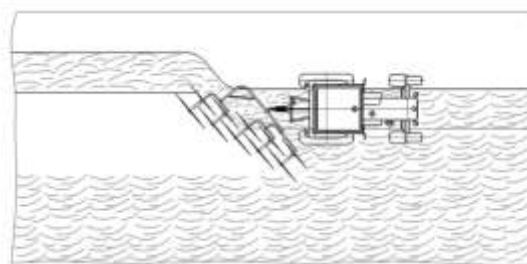


Рис. 8. Схема сгребания растительной массы из рассти-
ла в валок (второй проход)

Процесс валкования (рис. 5–8) происходит при движении граблей по прокосу, рабочие колеса за счет сцепления с почвой вращаются. Благодаря расположению рабочих колес под углом к направлению движения и их вращению стебельчатая масса, захваченная первым сдвоенным колесом, перемещается на величину захвата этого колеса. Затем масса подхватывается вторым, третьим и т.д. сдвоенными колесами. Таким образом, после прохода всех колес образуется валок.

Травяные корма собираются передними сгребательными колесами вдоль рабочей области и перемещаются вдоль направления потока к выпускной стороне, где формируется валок. Передние сгребательные колеса, имеющие меньший диаметр (D_1) относительно задних приводных колес (D_2), возвышаются над землей (размер A) и не поднимают грязь и почву (рис. 9). Расстояние между плоскостями симметрии каждой пары спаренных сгребательных и приводных колес регулируется в пределах размера B .

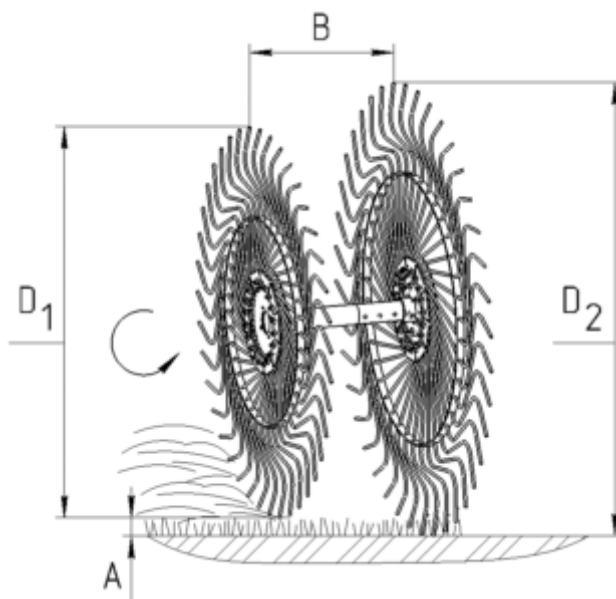


Рис. 9. Схема работы рабочего органа сдвоенного типа

Для достижения поставленной цели и решения задач данных исследований будут проведены лабораторно-полевые опыты на заготовке травяных кормов на базе хозяйства Минской области в соответствии со схемой исследований (рис. 10).

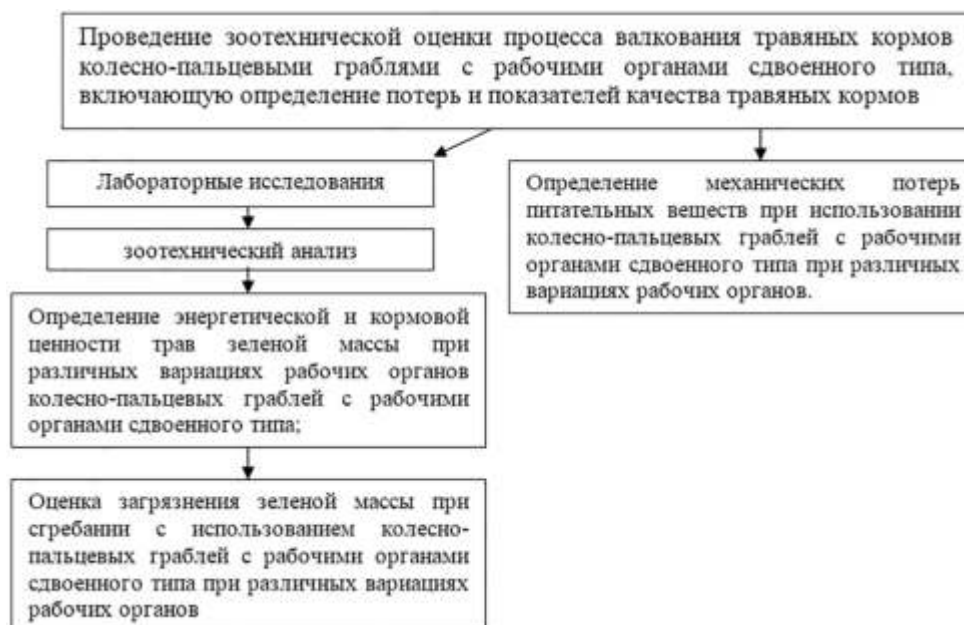


Рис. 10. Схема исследований

Заключение

Разработанная и изготовленная макетная установка позволит провести экспериментальные исследования по установлению зависимости влияния конструктивных параметров рабочих органов сдвоенного типа на потери травяных кормов и засорение примесями формируемого валка, заготовки кормов высокой энергетической ценности.

Список использованных источников

1. Дыба, Э.В. Предпосылки к изучению влияния параметров рабочего органа сдвоенного типа колесно-пальцевым граблям на качество валкования скошенных трав / Э.В. Дыба, В.В. Микульский // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2020. – Вып. 54. – С. 145–149.
2. Дыба, Э.В. Анализ современных конструкций колесно-пальцевых граблей, применяемых для валкования травяных кормов / Э.В. Дыба, Л.И. Трофимович // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Международной научно-технической конференции РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», посвященной 100-летию со дня рождения М.М. Севернёва. – Минск. – 2021. – С. 50–63.
3. Дыба, Э.В. Анализ известных типов граблей-валкователей / Э.В. Дыба, В.В. Микульский, Л.И. Трофимович // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Международной научно-технической конференции РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», посвященной 100-летию со дня рождения М.М. Севернёва. – Минск. – 2021. – С. 104–109.
4. Дыба, Э.В. Поиск путей повышения качества травяных кормов / Э.В. Дыба, В.В. Микульский, Т.А. Непарко // Актуальные проблемы устойчивого развития сельских территорий и кадрового обеспечения АПК: материалы Международной научно-практической конференции (Минск, 3–4 июня 2021 года) / редкол.: Н.Н. Романюк [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2021. – С. 408–413.
5. Грабли-валкообразователи колесно-пальцевые Repossi Macchine Agricole S.R.L. // Сайт компании «Repossi Macchine Agricole S.R.L.» [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: <https://www.repossi.it/ru/prodotti/ra-rake-1212vs>. – Дата доступа: 25.06.2021.
6. Исследование процесса валкования травяных кормов с обоснованием параметров рабочих органов сдвоенного типа // отчет о НИР (промежуточный) / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» / рук. темы 6.8.1: Э.В. Дыба. – Минск. – 2021. – С. 50–60.

Э.В. Новиков, к.т.н., **И.Н. Алтухова**, ст. науч. сотр., **А.В. Безбабченко**, ст. науч. сотр.

*ФГБНУ ФНЦ ЛК
г. Тверь, Россия
E-mail: info@fncl.ru*

МАШИНА СУШИЛЬНАЯ УНИВЕРСАЛЬНАЯ ДЛЯ ЛУБЯНЫХ КУЛЬТУР

Аннотация. Представлены обобщенные результаты многолетних исследований процесса сушки лубяных культур. Обоснованы технологические и технические характеристики конвективной универсальной сушильной машины для сушки лубяных культур в различном виде. Приведены необходимые схемы для разработки конструкторской документации машины, встраиваемой в различные линии первичной переработки.

Ключевые слова: лубяные культуры, лен, конопля, льнотреста, первичная переработка, машина сушильная, агент сушки, время сушки, расход, скорость и температура воздуха, режимы сушки.

E.V. Novikov, I.N. Altukhova, A.V. Bezbabchenko

*Federal Scientific Center for Bast Crops
Tver, Russia
E-mail: info@fncl.ru*

UNIVERSAL DRYING MACHINE FOR BAST CROPS

Abstract. The generalized results of long-term studies of the drying process of bast crops are presented. The technological and technical characteristics of a convective universal drying machine for drying bast crops in various forms are substantiated. The necessary schemes for the development of design documentation of a machine embedded in various primary processing lines are given.

Keywords: bast crops, flax, hemp, flax, primary processing, drying machine, drying agent, drying time, consumption, air speed and temperature, drying modes.

Введение

Лубяные культуры в России, ближнем и дальнем зарубежье являются основным натуральным сырьем [1–3]. Для эффективной их первичной переработки необходим процесс сушки, в частности, наиболее эффективными являются конвективные сушильные машины, которые численно преобладают над другими и составляют более 90 % в общем парке машин.

Основная часть

За последние 10 лет разработано несколько современных технологий конвективной сушки льносырья в слое и конструкций для их осуществления [4–14], позволяющих эффективно сушить льняную тресту в ламинарном и турбулентном потоках агента сушки. Разработаны схемы машин, имеющие упрощенные в сравнении с предыдущим поколением конструкции и существенно более низкую цену. Они обеспечивают равномерное высыхание тресты по всей длине и толщине слоя стеблей, оперативное регулирование процесса сушки в зависимости от изменяющейся влажности льнотресты, достигая требуемого ее значения. Например, предложена конструктивно-технологическая схема продувки льнотресты [5, 7, 9, 12, 13], не имеющая аналогов за рубежом (рис. 1) и выполненная по концептуальным условиям [15].

Нагретый воздух в каждой последующей сушильной секции движется перпендикулярно попеременно с левой или с правой стороны относительно направления движения транспортера (рис. 1, а, б, в), что позволяет упростить подачу агента сушки в машину, повысить скорость агента сушки в 3 раза и обеспечить более эффективную отдачу тепла от воздуха к льнотресте.

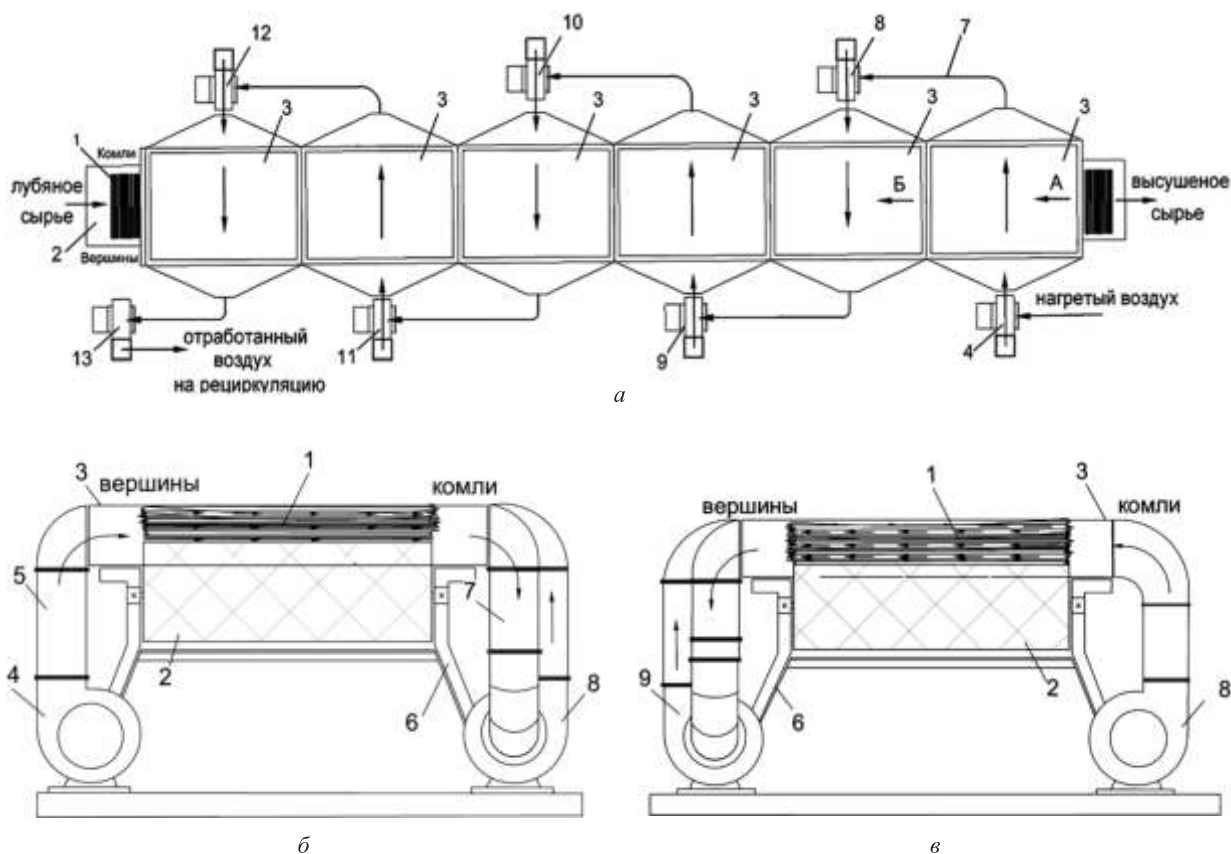


Рис. 1. Конструктивно-технологическая схема конвективной сушильной машины МС-1 для тресты льна-долгунца: а – вид сверху; б – поперечный вид секции с движением агента сушки от вершин к комлям; в – поперечный вид секции с движением агента сушки от комлей к вершинам; 1 – льнотреста; 2 – транспортер; 3 – отдельные сушильные секции; 4, 8, 9, 10, 11, 12, 13 – вентиляторы; 5, 7 – воздуховоды; 6 – рама

В конце 2018 года указанная схема была реализована в опытном образце энергосберегающей сушильной машины для льнотресты в виде целых стеблей совместно ФГБНУ ФНИЦ ЛК и ФГБОУ ВО Смоленской ГСХА (рис. 2).

В 2019 году на основе машины МС-1 совместно с Вологодской молочнохозяйственной академией [16] проведены ее дальнейшие исследования и разработан следующий вариант машины марки МС-2.

При этом МС-2 в отличие от МС-1 имеет следующие изменения:

1. увеличена длина сушильной камеры;
2. увеличены длины головной и хвостовой секций транспортера, подающих и выводящих тресту в сушильную камеру;
3. в качестве транспортера установлено надежное и технологичное полотно, а именно сетчатое транспортерное одинарной сборки (Кубань-сетка);
4. улучшена конструкция упоров фиксации верхних ограждений в поднятом положении;
5. на входных патрубках циркуляционных вентиляторов установлены конфузоры.

Современные требования к машинам диктуют их многоцелевое использование, поэтому данная схема сушки должна быть универсальной, чтобы проводить сушку не только льнотресты льна-долгунца в целых стеблях, но и других лубяных культур, в т.ч. спутанной массы ломаных стеблей льна-долгунца, льна масличного, а также технической конопли. Поэтому наши дальнейшие исследования данной схемы были продолжены на масличном льне [17, 18] и на технической конопле [19, 20].

В рамках представленной работы проведено обобщение результатов сушки представленным способом, даны рекомендации по разработке конструкции универсальной (многоцелевой) сушильной машины для различных лубяных культур.

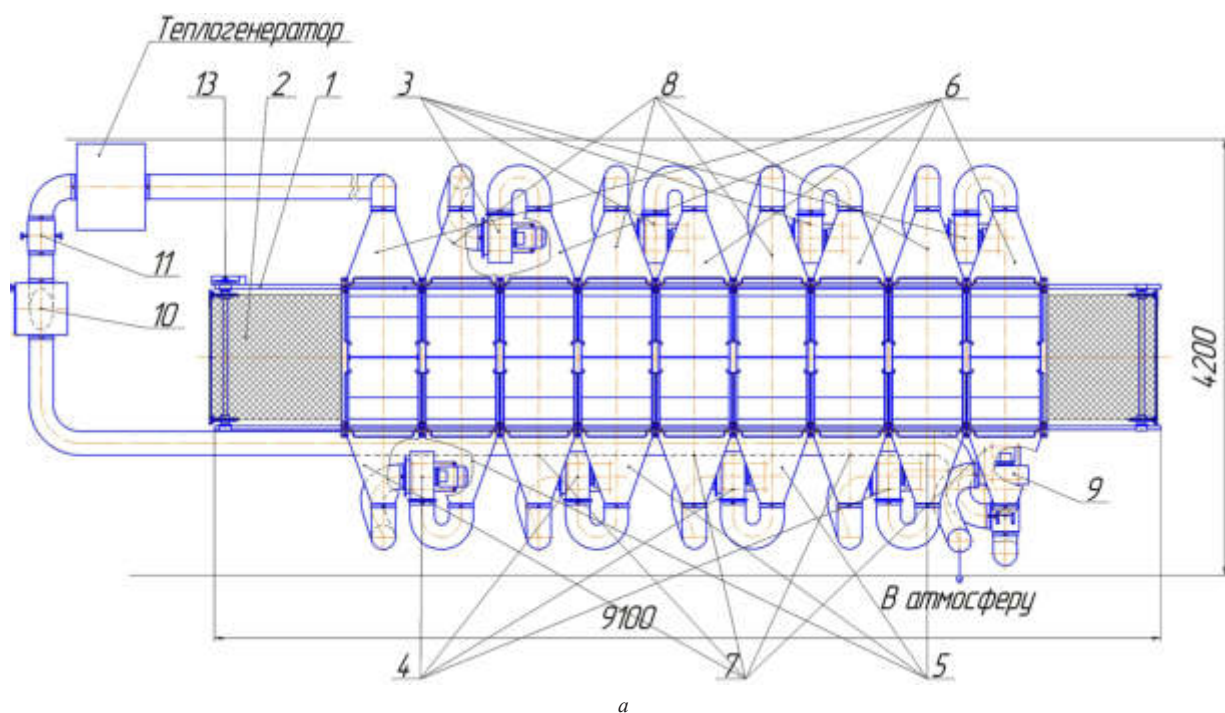


Рис. 2. Схема и вид машины сушильной МС-1 для льнотресты льна-долгунца: а – вид сверху; б – вид со стороны входа льнотресты: 1 – рама; 2 – транспортер (конвейер); 3 – узлы вентиляторные правые; 4 – узлы вентиляторные левые; 5 – воздухораспределители правые; 6 – воздухораспределители левые; 7 – воздухосборники правые; 8 – воздухосборники левые; 9 – узел вентилятора отработанного воздуха; 10 – осадочная камера; 11 – камера смешивания; 12 – ограждение сушильной камеры; 13 – привод транспортера

Обобщенные результаты исследований времени сушки лубяных культур при различных режимах (табл. 1), которые проводились от начальной влажности 30 % до конечной влажности 14 %, плотности их загрузки на транспортер 3 кг.с.м./м² представлены на рис. 3 и 4.

Таблица 1. Значения режимов сушки

Номер режима сушки	Средняя скорость агента сушки в сушильной камере, м/с	Расход агента сушки, м ³ /ч
1	4,3	2200
2	4,8	2500
3	5,3	2800
4	5,8	3100

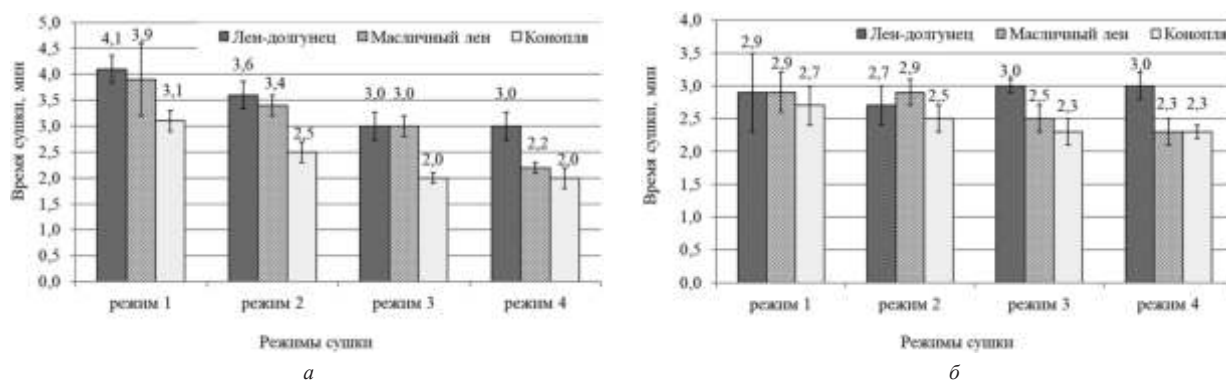


Рис. 3. Время сушки лубяных культур при различных режимах от влажности 30 % до 14 %: а – при температуре агента сушки 65 °С; б – при температуре агента сушки 85 °С

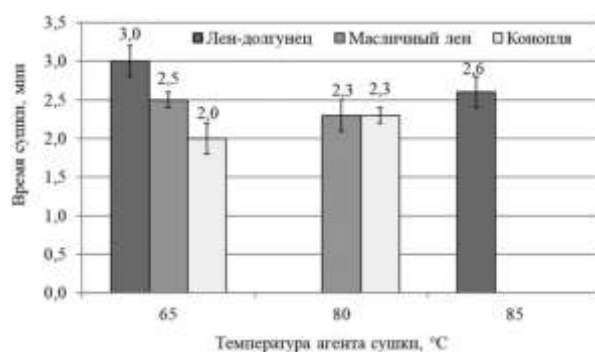


Рис. 4. Время сушки лубяных культур при различной температуре агента сушки от влажности 30 % до 14 % и режиме 4

По результатам полномасштабных исследований определены рациональные параметры сушки различных лубяных культур, представленные в табл. 2.

Таблица 2. Рациональные параметры процесса сушки в новой универсальной сушильной машине МСУ-1

Параметры процесса	Лубяная культура		
	Лен-долгунец	Лен масличный (спутанная масса ломаных стеблей)	Конопля техническая (спутанная масса ломаных стеблей)
1. Температура агента сушки, °С	не менее 80	не менее 80	не менее 65
2. Расход воздуха, м³/ч	не менее 2800	не менее 2500	не менее 2500
3. Скорость агента сушки, м/с	6–9	4–6	4–6
4. Рециркуляция воздуха	1,5	1,5	1,5
5. Расход потребляемого тепла, кВт	не более 145	не более 135	не более 130

Из рис. 3 и 4 видно, что треста льна-долгунца сохнет дольше всего, а для того, чтобы эффективно высушивались все лубяные культуры в одной сушильной установке, необходим режим сушки не менее 3 или 4 (табл. 1), но при этом температуру агента сушки нужно устанавливать различной для каждой культуры.

Общий вид, технологические и технические характеристики универсальной машины под рабочим названием МСУ-1 представлены на рис. 5 и в табл. 3.

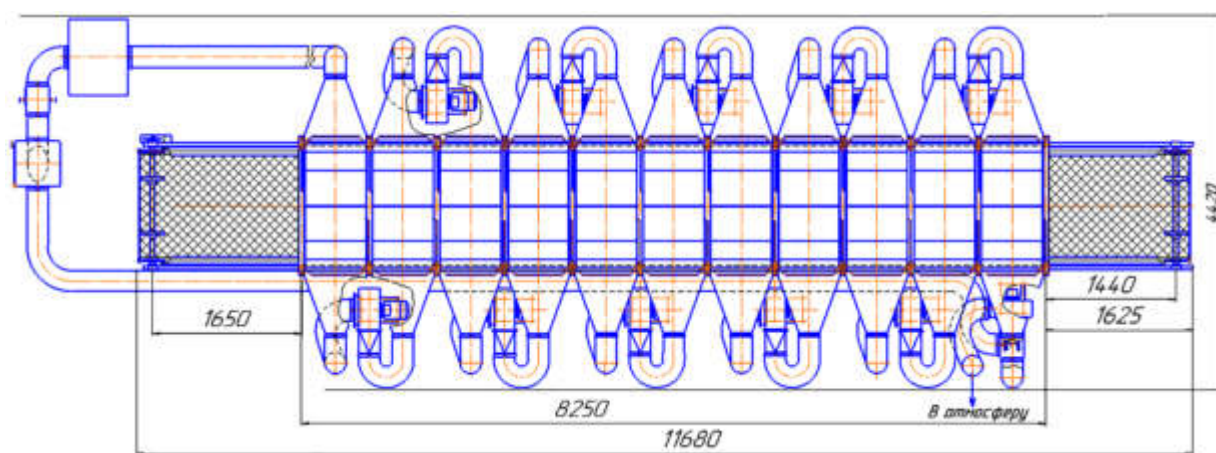


Рис. 5. Схема универсальной сушильной машины для лубяных культур МСУ-1 (вид сверху)

Таблица 3. Технологические и технические характеристики новой сушильной машины для лубяных культур МСУ-1

Наименование	Значение
1. Влажность льнотресты на входе в сушильную камеру, %, не более	30
2. Влажность льнотресты на выходе из сушильной камеры, %, не более	15
3. Температура воздуха в цехе, °С, не менее	17
4. Относительная влажность воздуха в цехе, %, не более	70
5. Производительность машины по высушенной льнотресте, кг/ч	до 800
6. Температура агента сушки, °С	65–90
7. Скорость агента сушки при входе в материал, м/с, не более	9
8. Относительная влажность агента сушки, %, до	15
9. Расход агента сушки, м³/ч, до	4000
10. Скорость движения транспортера, м/мин.	1–10
11. Плотность загрузки сырья на транспортер, кг с.м./м², не более	3,3
12. Расход потребляемого тепла, кВт, до	150
12. Общая установленная мощность, кВт	20,95
13. Габариты машины, м, не более (длина×ширина×высота)	12×4,5×1,5
14. Масса машины, кг, не более	1500

Далее на основе результатов исследований из 480 опытных сушек в системе STATISTICA-6.0 получено регрессионное уравнение, отражающее связь времени подсушки с исходной влажностью лубяных культур, объемным расходом воздуха и его температурой:

$$\tau = 2,59 + 0,12W - 0,00083V - 0,0248t_1,$$

где τ – время сушки лубяной культуры, мин.; W – исходная влажность лубяной культуры, %; V – объемный расход агента сушки, м³/ч; t_1 – начальная температура агента сушки, °С.

Уравнение имеет коэффициент детерминации 0,95, т.е. 95 % изменений времени сушки оно справедливо для температуры агента сушки от 65 до 85 °С, объема воздуха от 2200 до 3100 м³/ч, средней его скорости в сушильной камере от 4 до 6 м/с, при плотности загрузки сырья на транспортер 3 кг/м².

Использовать это уравнение следует при определении скорости транспортера машины.

В отличие от сушильной машины МС-1, разработанной ранее для льнотресты льна-долгунца и льна масличного, предполагаемая сушильная машина должна иметь высоту сушильной камеры 260 мм, а не 220 мм, как в МС-1 и МС-2.

Выводы

Конструктивно-технологическая схема сушки, обоснованная ранее и реализованная в опытном образце новой машины для сушки целых стеблей льна-долгунца марки МС-1 и в машине МС-2, может быть использована для сушки не только льнотресты льна-долгунца в целых стеблях, но и для сушки спутанной массы ломаных стеблей льна масличного и технической конопля, позволяет снизить потребление тепловой и электрической энергии в 1,5–2,0 раза.

Определены технические, технологические характеристики и общие виды для разработки конструкторской документации на изготовление опытного образца универсальной энергосберегающей сушильной машины для различных лубяных культур.

Получена математическая модель процесса сушки рассматриваемых лубяных культур, используя которую, можно прогнозировать время сушки в зависимости от начальной влажности, температуры и расхода агента сушки.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (№ 0477-2019-0005 и FGSS-2022-0007).

Список использованных источников

1. Новиков, Э.В. Качество льносырья, волокна и эффективность первичной переработки в льнокомплексе России / Э.В. Новиков [и др.] // в сборнике: Машинно-технологическая модернизация льняного агропромышленного комплекса на инновационной основе : сборник научных трудов ВНИИМЛ. Редакционная коллегия: М.М. Ковалев, Ю.Т. Фаринюк, В.Ю. Молофеев, И.В. Ущиповский, А.В. Галкин, Э.В. Новиков. – Тверь, 2014. – С. 196–200.
2. Новиков, Э.В. Анализ технико-экономических показателей льнозаводов / Э.В. Новиков [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2010. – № 8. – С. 31–32.
3. Карпова, Л.Г. Эффективность первичной переработки льносырья в России / Л.Г. Карпова [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2012. – № 6. – С. 22–24.
4. Патент РФ № 2426964 Российская Федерация. Установка для сушки лубяного сырья / Э.В. Новиков, А.В. Безбабченко, В.А. Романов, М.М. Ковалев, А.П. Апыхин от 28.04.2010 – Опубл. 20.08.11. Бюл. № 23 – 7 с.
5. Пат. РФ № 2535277 Российская Федерация, МПК F 26 B 17/04 C1. Способ сушки лубяного сырья / В.В. Коновалов, Р.В. Коновалов, Э.В. Новиков – № 2012152494/12; заявл. 05.12.2012; опубл. 10.12.2014, Бюл. № 34. – 7 с.
6. <http://termoteks.ru/products/sushilnaja-mashina>.
7. Пат. РФ № 2518797 Российская Федерация, МПК F 26 B 17/04 C1. Установка для сушки лубяного сырья / В.В. Коновалов, Р.В. Коновалов, Э.В. Новиков, М.М. Ковалев, И.И. Круглий, А.В. Безбабченко – № 201249304/06; заявл. 19.11.2012; опубл. 10.06.2014, Бюл. № 16. – 6 с.
8. Безбабченко, А.В. Энергосберегающая конвективная сушильная машина для льняной тресты / А.В. Безбабченко, Э.В. Новиков, В.А. Романов // Техника в сельском хозяйстве. – 2013. – №3. – С. 13–14.
9. Безбабченко А.В. Технологические модули для сушки льносырья / А.В. Безбабченко [и др.] // Материалы Международной научно-практической конференции ФГБНУ ВНИИМЛ «Инновационные разработки для производства льна» (14–15 мая 2015). ВНИИМЛ. – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2015. – С. 208–215.
10. Васильев, Ю.В. Разработка энергосберегающей машины и способа термовлажностной подготовки тресты льна к механической обработке / Ю.В. Васильев // Материалы научно-практической конференции, посвященной 80-летию ВНИИ льна. – Тверь, ВНИИЛ, 2010 г. – С. 365–367.
11. Носов, А.Г. Определение проницаемости льняной тресты высокой плотности / А.Г. Носов, Н.В. Киселев // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014. – № 5 (353). – С. 36–39.
12. Новиков, Э.В. Исследование перспективного способа продувки стеблей льна-долгунца, реализованного в инновационной сушильной машине для льнозаводов / Э.В. Новиков, И.Н. Алтухова, А.В. Безбабченко // Вестник Ульяновской ГСХА – 2018. – Вып. 4 (174). – 2018. – С. 58–64.
13. Алтухова, И.Н. Обоснование режимов работы энергосберегающей сушильной машины для льнотресты в конвективном и инфракрасном потоке теплоносителя / И.Н. Алтухова [и др.] // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – Вып. 3(179). – 2019. – С. 74–78.
14. Изоитко, В.М. Направления развития научно-технического обеспечения отечественных льнозаводов / В.М. Изоитко, Н.Г. Винченков, А.Е. Лукомский // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве «Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Беларуси и Болгарии : материалы Междунар. науч.-техн. конф. (Минск, 19–21 окт. 2016 г). В 2 т. Т. 1. – Минск : НППЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2016. – С. 130–133.
15. Новиков, Э.В. Сушильные машины льнозаводов и эффективные концептуальные условия их разработки для лубяных культур / Э.В. Новиков, А.В. Безбабченко, В.А. Романов / Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве «Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Беларуси и Болгарии : материалы Междунар. науч.-техн. конф. (Минск, 19–21 окт. 2016 г). В 2 т. Т. 1. – Минск : НППЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2016. – С. 89–93.

16. Шушков, Р.А. Моделирование процесса сушки льнотресты и обоснование рациональных режимов работы перспективной сушильной машины / Р.А. Шушков, А.С. Трушанин, А.М. Булатов // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2020. – № 4 (61). – С. 172–180.
17. Алтухова, И.Н. Экспериментальное обоснование режимов работы конвективно-инфракрасной сушки стеблевой массы масличного льна / И.Н. Алтухова [и др.] // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2020. – Вып. 1 (181). – С. 88–93.
18. Алтухова, И.Н. Обоснование параметров конвективно-инфракрасного способа сушки льна масличного для разработки сушильной машины / И.Н. Алтухова [и др.] // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2021. – Том 14. – № 2 (69). – С. 19–28.
19. Новиков, Э.В. Обоснование режимов работы конвективно-инфракрасной подсушки технической конопли / Э.В. Новиков [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2021. – № 8. – С. 104–109.
20. Новиков, Э.В. Обоснование параметров и режимов работы конвективной и инфракрасной сушки технической конопли для производства пеньки одностипной неориентированной / Э.В. Новиков [и др.] // Таврический вестник аграрной науки. – 2022. – № 1 (29). – С. 112–122.

А.И. Филиппов¹, Н.Д. Лепёшкин², С.М. Лукашевич¹

¹ УО «Гродненский государственный аграрный университет»

г. Гродно, Республика Беларусь

e-mail: ggau@ggau.by)

² РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: belagromechmo@tut.by

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО АГРЕГАТОМ АПП-3А С КИЛЕВИДНЫМИ И ДИСКОВЫМИ СОШНИКАМИ

Аннотация. В статье дано описание результатов экономического и энергетического обоснования при возделывании люпина узколистного почвообрабатывающе-посевным агрегатом АПП-3А с килевидными и дисковыми сошниками. Методика исследований представлена с расчётными данными и таблицами, в которых приведены результаты экономического и энергетического обоснования и основные выводы по преимуществу килевидных сошников в сравнении с дисковыми сошниками применительно к агрегату АПП-3А.

Ключевые слова: агрегат, сошники, килевидные, дисковые, люпин, обоснование, результаты, возделывание, исследование.

A. I. Filippov¹, N. D. Lepeshkin², S. M. Lukashevich¹

¹ EE "Grodno State Agrarian University"

Grodno, Republic of Belarus

E-mail: ggau@ggau.by)

² RUE "SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization"

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: belagromechmo@tut.by

ECONOMIC AND ENERGY SUBSTANTIATION OF RESEARCH RESULTS IN THE CULTIVATION OF NARROW-LEAVED LUPINE BY THE APP-3A AGGREGATE WITH KEEL-SHAPED AND DISC COULTERS

Abstract. The article describes the results of economic and energy justification for the cultivation of narrow-leaved lupine with a tillage-sowing aggregate APP-3A with keel-shaped and disc coulters. The research methodology is presented with calculated data and tables, which show the results of economic and energy justification and the main conclusions on the advantage of keel-shaped coulters in comparison with disc coulters in relation to the APP-3A unit.

Keywords: unit, coulters, keeled, disc, lupin, justification, results, cultivation, research.

Введение

Люпин узколистный является высокобелковым кормовым растением. В его семенах содержится в среднем от 30 до 40 % белка с высоким качеством и хорошей переваримостью, который может использоваться в корм любым видам сельскохозяйственных животных без предварительной термообработки.

Помимо этого, люпин сохраняет в почве положительный баланс гумуса, фиксирует из воздуха до 180 кг азота на гектаре посева, эффективно разуплотняет подплужную подошву, хорошо дренажирует пахотный слой и подпахотный горизонт, улучшает поступление влаги и питательных веществ, уменьшает эрозию почв, возвращает в корнеобитаемый горизонт почвы калий и другие макро- и микроэлементы, разлагает труднорастворимые фосфаты. В среднем один гектар люпина оставляет после себя 50-100 кг азота, 30 кг фосфора, 50 кг калия. Люпин является

прекрасным сидератом. Тонна запаханной в почву биомассы люпина по эффективности эквивалентна тонне навоза. В севообороте люпин является прекрасным предшественником и хорошим фитосанитаром [1, 2].

Повышение продуктивности и устойчивости земледелия, увеличение плодородия почв, широкое применение интенсивных технологий, внедрение в структуру севооборотов бобовых культур является главной задачей сельскохозяйственного производства на современном этапе.

Решающими факторами в повышении производительности труда при возделывании сельскохозяйственных культур по интенсивной технологии является комплексная механизация и рациональное использование техники, так как рост технической оснащенности и эффективное использование машин способствует сокращению сроков проведения полевых работ и улучшению их качества.

Цель работы: Сравнение экономических и энергетических результатов исследований при возделывании люпина узколистного почвообрабатывающе-посевным агрегатом АПП-3А с килевидными и дисковыми сошниками.

Результаты исследований

Для проведения исследований использовался машинно-тракторный агрегат, состоящий из трактора «БЕЛАРУС-1523» и АПП-3А. На почвообрабатывающе-посевном агрегате АПП-3А были установлены однодисковые (1–6, 13–16, 19–24) и килевидные (9–12) сошники.

При посеве семян под семяпроводами сошников № 7–8 и № 17–18 на раме сеялки устанавливались мешки, т.е. семена поступали в них, что позволяло безошибочно находить рядки, засеянные дисковыми и килевидными сошниками. При этом исключалось влияние фактора перераспределения семян по семяпроводам в распределителе сеялки. При сравнительной агротехнической оценке работы килевидных и дисковых сошников с целью исключения влияния других факторов сравнивались участки, засеянные сошниками № 13–16 и № 9–12, т.е. засеянные различными сошниками.

Исследования проводились в течение двух лет (2018 и 2019 гг.) на опытном поле УО «Гродненский государственный аграрный университет» вблизи населенного пункта Зарица.

На современном этапе развития сельского хозяйства важнейшей задачей является повышение урожайности возделываемых культур, улучшение качества продукции растениеводства. Она решается путем дальнейшей интенсификации отрасли на основе внедрения комплексной механизации, применения оптимальных доз минеральных удобрений, улучшения и внедрения новых сортов и агротехники [3, 4].

Решение проблемы увеличения производства растительного белка за счет выращивания зернобобовых культур, в том числе и люпина в значительной степени зависит от научных исследований, связанных с разработкой технологических процессов, схем и приемов возделывания с учетом почвенно-климатических условий [5, 6].

Экономическое обоснование изучаемых вариантов дает возможность выбрать и рекомендовать производству оптимальный вариант, позволяющий получать максимальный выход продукции при минимальных затратах.

В нашей работе проводилась оценка эффективности применения почвообрабатывающе-посевного агрегата АПП-3А с дисковыми и килевидными сошниками. (рис. 1 а; б; рис. 2).



а)



б)

Рис. 1. Сошники: а) килевидные; б) дисковые



Рис. 2. Общий вид комбинированного почвообрабатывающе-посевого агрегата АПП-3А с трактором «Беларус-1523»

При проведении исследований использовались следующие показатели: глубина заделки семян; густота стояния растений; урожайность; прибавка урожая; стоимость произведенной продукции; производственные затраты на 1 га; выход с 1 га:

- кормовых единиц,
- переваримого протеина,
- кормопротеиновых единиц;

Себестоимость 1 ц, тыс.руб.:

- продукции,
- кормовых единиц,
- кормопротеиновых единиц.

Средняя урожайность люпина за 2018–2019 годы на участках, засеянных АПП-3А с дисковыми сошниками, составила 205,8 ц/га, а с килевидными – 218,7 ц/га.

Рассчитаем прибавку урожая: $218,7 \text{ ц/га} - 205,8 \text{ ц/га} = 12,9 \text{ ц/га}$

Исходя из данных технологической карты и экономических расчетов, определили экономическую эффективность возделывания люпина (табл.).

Экономическая и энергетическая оценка применения различных типов сошников почвообрабатывающе-посевого агрегата АПП-3А при возделывании люпина на зеленую массу

Показатели	Дисковые сошники	Килевидные сошники
Урожайность, ц/га	205,80	218,70
Выход с 1 га, ц:		
кормовых единиц	43,22	45,93
переваримого протеина	4,70	5,00
КПЕ	45,30	48,10
Производственные затраты на 1 га, руб.	1566,62	1579,46
Себестоимость 1 ц, руб.		
продукции	7,61	7,22
кормовых единиц	36,25	34,39
переваримого протеина	330,97	314,00
КПЕ	34,60	32,83

Заключение

Из данных таблицы видно, что вариант с килевидными сошниками оказался экономически выгодней, чем вариант с дисковыми сошниками. Применение килевидных сошников при посеве люпина на зеленую массу дало прибавку урожая 12,9 ц/га, что в свою очередь привело к увеличению выхода кормовых единиц, переваримого протеина и кормопротеиновых единиц с 1 гектара. Следовательно, себестоимость единицы продукции уменьшилась и составила 7,22 руб. за 1 ц, что на 0,39 руб. меньше по сравнению с вариантом, где применялись дисковые сошники. Аналогичная ситуация наблюдается с себестоимостью кормовых единиц, переваримого протеина, кормопротеиновых единиц.

Список использованных источников

1. Филиппов, А.И. Ресурсосбережение – основа развития сельского хозяйства Республики Беларусь / А.И. Филиппов, А.С. Добышев, К.Л. Пузевич // Инновационные направления развития технологий и технических средств механизации сельского хозяйства : материалы междунар. науч.-практ. конф., посвященной 100-летию кафедры с/х машин агроинженерного факультета Воронежского госуд. аграрного университета имени императора Петра I, Россия, Воронеж, 25 декабря 2015 / Воронежский гос. аграрный ун-т. – Воронеж, 2016. – Ч.1. – С. 226–231.
2. Филиппов, А.И. К исследованиям работы почвообрабатывающе-посевого агрегата АПП-3А и сеялки СПУ-4Д с дисковыми и килевидными сошниками при посеве овса и люпина / А.И. Филиппов, Э.В. Заяц, Н.Д. Лепешкин // Современные технологии сельскохозяйственного производства : материалы XX междунар. науч.-практ. конф. – Гродно : ГГАУ, 2017. – С. 249–251.
3. Филиппов, А.И. Результаты агротехнической оценки почвообрабатывающе-посевого агрегата АПП-3А и сеялки СПУ-4Д с дисковыми и килевидными сошниками при посеве овса и люпина / А.И. Филиппов, Э.В. Заяц, Н.Д. Лепешкин // Современные технологии сельскохозяйственного производства : материалы XX Междунар. науч.-практ. конф. – Гродно : ГГАУ, 2017. – С.251–254.
4. Филиппов, А.И. Прямой посев сельскохозяйственных культур в условиях Республики Беларусь – ближайшая реальность / А.И.Филиппов, Н.Д. Лепешкин, В.В. Мижурин, Д.В. Заяц // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы : сборник научных трудов. – Гродно : ГГАУ, 2017. – Т 38. – С.245–251
5. Копач, А.Э. Оценка урожайности и качества посева люпина почвообрабатывающе-посевным агрегатом АПП-3А и сеялкой СПУ-4Д / А.Э. Копач, А.И. Филиппов // Сборник научных статей по материалам XX Международной студенческой научной конференции (Гродно, 28 марта 2019 года) : агрономия / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, УО «Гродненский государственный аграрный университет»; отв. за вып. В. В. Пешко. – Гродно : ГГАУ, 2019. – С. 21–22.
6. Копач, А.Э. Оценка урожайности и качества посева люпина сеялкой СПУ-4Д с килевидными и дисковыми сошниками/ А.Э. Копач, А.И. Филиппов // Сборник научных статей по материалам XX Международной студенческой научной конференции (Гродно, 28 марта 2019 года) : агрономия / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, УО «Гродненский государственный аграрный университет»; отв. за вып. В. В. Пешко. – Гродно : ГГАУ, 2019. – С. 19–21.
7. Филиппов, А.И., Исследование килевидных и дисковых сошников с сеялкой СПУ-4Д при возделывании люпина / А.И. Филиппов, А.Э. Копач // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы : сборник научных трудов. – Гродно : ГГАУ, 2019. – С. 174–180.
8. Филиппов, А.И., Анализ устройств, обеспечивающих надёжность технологического процесса высева посевного материала, А.И. Филиппов, Н.Д. Лепешкин, В.В. Мижурин, Д.В. Заяц // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы : сборник научных трудов. – Гродно : ГГАУ, 2019. – С. 181–192.
9. Лепешкин, Н.Д. Комбинированный почвообрабатывающе-посевной агрегат для высокопроизводительного посева зерновых и других культур / Н.Д. Лепешкин, В.В. Мижурин, Д.В. Заяц, А.И. Филиппов, К.Л. Пузевич // Вестник Белорус. гос. с.-х. акад. – 2021. – № 3. – С. 181–186.

СОДЕРЖАНИЕ

Вступительное слово	3
Комлач Д.И., Дашков В.Н., Китиков В.О. 75 лет в авангарде научно-технического прогресса в сельском хозяйстве	4
Комлач Д.И., Степук Л.Я. Становление и развитие отечественного сельхозмашиностроения за период новейшей истории Беларуси. Проблемы и пути решения	12
Бакач Н.Г. Технический прогресс в сельском хозяйстве Республики Беларусь и 75-летняя роль в нем НППЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства	19
Степук Л.Я. Доказательства необходимости разработки и реализации государственной научно-технической программы приоритетного сельхозмашиностроения	27
Передня В.И., Цой Ю.А., Жилич Е.Л. От механизации трудоемких процессов до разработки и использования цифровых технологий и искусственного интеллекта для молочнотоварных ферм и комплексов	34
Комлач Д.И., Бакач Н.Г., Володкевич В.И., Шах А.В. Формирование структуры парка сельскохозяйственной техники в растениеводстве на основе реализации Системы перспективных машин	41
Степук Л.Я., Бегун П.П. К вопросу о повышении эффективности применения химических средств защиты растений	47
Комлач Д.И., Воробей А.С., Барановский И.А. К вопросу разработки структуры автоматизированной универсальной роботизированной платформы для мониторинга и ухода за посадками сельскохозяйственных культур	52
Дыба Э.В., Трофимович Л.И. Обзор и анализ известных ленточных валкователей	59
Голдыбан В.В., Ветохин В.И., Бегун П.П. Общие подходы к проектированию новых форм рабочих органов сельскохозяйственных машин на основе элементов бионики	68
Курилович М.И., Голдыбан В.В. Основные требования к системам отделения некондиционных клубней картофеля	76
Жешко А.А., Ленский А.В., Перевозников В.Н. Результаты реализации автоматизированной системы комплектования машинно-тракторных агрегатов для основной обработки почвы	79
Передня В.И., Романович А.А. Исследование процесса кавитации при приготовлении заменителей цельного молока из зерновых компонентов для кормления телят молочного периода	83
Капустин Н.Ф. Интенсификация выработки биогаза из отходов молочного производства	88
Передня В.И., Романович А.А. Совершенствование экструзионной обработки зерновых компонентов при производстве концентратной части рациона телят молочного периода	92
Перепечаев А.Н., Тарима А.И., Колешко С.П. Уборка льна-долгунца в сложных погодных условиях	98
Жилич Е.Л., Рогальская Ю.Н., Радчиков В.Ф., Глинкова А.М., Салаев Б.К., Натыров А.К., Убушаев Б. С. Эффективность нового заменителя обезжиренного молока в кормлении телят	106
Жилич Е.Л., Рогальская Ю.Н., Радчиков В.Ф., Цай В.П., Мороз Н.Н., Сапсалева Т. Л., Бесараб Г.В. Повышение продуктивности коров путем балансирования рационов по энергии	111
Жилич Е.Л., Рогальская Ю.Н., Радчиков В.Ф., Богданович Д.М., Сапсалева Т.Л., Медведева Д.В., Медведская Т.В. Биологически активная добавка глуминат в кормлении телят	117

Жилич Е.Л., Рогальская Ю.Н., Радчиков В.Ф., Глинкова А.М., Цай В.П., Кот А.Н., Шнитко Е.А. Дефекат кормовой в кормлении молодняка крупного рогатого скота	123
Радчиков В.Ф., Кот А.Н., Цай В.П., Глинкова А.М., Бесараб Г.В., Жилич Е.Л., Рогальская Ю.Н. Обмен веществ, рубцовое пищеварение и продуктивность бычков при скармливании экструдированного зерна бобовых	128
Бакач Н.Г., Жилич Е.Л., Рогальская Ю.Н., Богданович Д.М., Кот А.Н., Радчиков В.Ф., Медведева Д.В., Люндышев В.А. Пищеварение в рубце и продуктивность бычков при скармливании зерна разной крупности помола	132
Комлач Д.И., Жилич Е.Л., Рогальская Ю.Н., Радчиков В.Ф., Богданович Д.М., Глинкова А.М., Сапсалева Т.Л., Бесараб Г.В. Влияние скармливания сапропеля на продуктивность и качество	137
Комлач Д.И., Жилич Е.Л., Рогальская Ю.Н., Сапсалева Т.Л., Радчиков В.Ф., Глинкова А.М., Бесараб Г.В. Эффективность разных минеральных добавок при откорме бычков на барде	144
Кот А.Н., Радчиков В.Ф., Цай В.П., Сапсалева Т.Л., Бесараб Г.В., Жилич Е.Л., Рогальская Ю.Н. Обмен веществ и продуктивность бычков при балансировании рационов новыми кормовыми добавками	149
Комлач Д.И., Жилич Е.Л., Рогальская Ю.Н., Радчиков В.Ф., Кот А.Н., Цай В.П., Глинкова А.М., Сапсалева Т.Л. Повышение эффективности выращивания телят путем скармливания микроэлементов в органической форме	154
Жилич Е.Л., Рогальская Ю.Н., Радчиков В.Ф., Цай В.П., Кот А.Н., Сапсалева Т.Л., Глинкова А.М. Использование разных норм муки из новых сортов рапса в кормлении телят	160
Кот А.Н., Цай В.П., Радчиков В.Ф., Глинкова А.М., Бесараб Г.В., Жилич Е.Л., Рогальская Ю.Н. Эффективность кормления молодняка крупного рогатого скота рационами с разным соотношением расщепляемого и нерасщепляемого протеина	165
Цай В.П., Радчиков В.Ф., Кот А.Н., Глинкова А.М., Бесараб Г.В., Жилич Е.Л., Рогальская Ю.Н. Влияние разных консервантов на качество силоса, переваримость и использование питательных веществ	171
Комлач Д.И., Жилич Е.Л., Рогальская Ю.Н., Цай В.П., Радчиков В.Ф., Кот А.Н., Бесараб Г.В., Парханович Е.Е. Возможность балансирования рационов молодняка крупного рогатого скота за счет вторичных продуктов пивоваренной промышленности	176
Жилич Е.Л., Рогальская Ю.Н., Радчиков В.Ф., Богданович Д.М., Бесараб Г.В., Сапсалева Т.Л., Цай В.П. Повышение продуктивности молодняка крупного рогатого скота путем балансирования рационов по селену при включении разных норм β -каротина	181
Кольга Д.Ф., Быков Н.Н., Костюкевич С.А., Жилич Е.Л., Рогальская Ю.Н. Интенсивная технология заготовки силоса из кукурузы для высокопродуктивных коров	185
Жилич Е.Л., Рогальская Ю.Н., Екельчик О.Л. Исследования величин вакуумметрического давления в существующих доильных аппаратах для КРС	191
Жилич Е.Л., Рогальская Ю.Н. Обоснование конструктивных параметров разрабатываемого доильного стакана	196
Жилич Е.Л., Рогальская Ю.Н., Никончук В.В. Термографическое исследование молочной железы коров	202
Паркалов И.В., Жилич Е.Л., Цалко С.А., Екельчик О.Л., Рогальская Ю.Н. Новации в технологии клеточного содержания норок в условиях Беларуси	207
Бондарев С.Н., Китун А.В., Китун А.А. Перспективное направление усовершенствования доильных аппаратов	213
Жилич Е.Л., Жешко Н.В., Жешко А.А., Рогальская Ю.Н. Функциональная модель системы биометрической идентификации предмаститного состояния	219
Ковалев М.М., Перов Г.А., Галкин А.В., Соловьёв С.В., Лойко С.Ф. Инновационный способ уборки льна с очесом стеблей на корню	224
Ковалев М.М., Перов Г.А., Перов М.Г., Лойко С.Ф. Совершенствование способа уборки и технологического процесса оборачивания лент льна	228

Лепёшкин Н.Д., Лойко С.Ф. Обоснование разработки агрегата и рабочих органов для основной безотвальной обработки склоновых земель	233
Микульский В.В., Дыба Э.В., Трофимович Л.И., Яровенко П.В. Результаты предварительных испытаний гребёчатых граблей-валкователей ГВГ-9,5	236
Соловьёв С.В., Лойко С.Ф. Уборка льна очесывающим устройством	242
Фадеев Д.Г., Прокофьев С.В., Шишин Д.А., Галкин А.В., Лойко С.Ф. Результаты испытаний инновационной машины для очистки семян карусельного типа	245
Лепёшкин Н.Д., Савчук С.В., Мижурин В.В. Высокоэффективные посевные машины для почвозащитного земледелия	253
Бегун П.П., Лойко С.Ф. Предпосевная подготовка почвы под посев мелкосемянных культур . . .	260
Чигарев Ю.В., Крук И.С., Назаров Ф.И., Воробей А.С. Об одном подходе к оценке устойчивости агроэкосистем	264
Дыба Э.В., Трофимович Л.И., Яровенко П.В., Микульский В.В. Макетная установка граблей колесно-пальцевых с рабочими органами сдвоенного типа	267
Новиков Э.В., Алтухова И.Н., Безбабченко А.В. Машина сушильная универсальная для лубяных культур	271
Филиппов А.И., Лепёшкин Н.Д., Лукашевич С.М. Экономическое и энергетическое обоснование результатов исследований при возделывании люпина узколистного агрегатом АПП-3А с килевидными и дисковыми сошниками	278

Научное издание

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС
В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

**Материалы
Международной научно-технической конференции,
посвященной 75-летию образования
РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
(Минск, 20–21 октября 2022 г.)**

Редактор-корректор Т. А. Карпунина
Компьютерная верстка И. В. Счеснюк

Подписано в печать 10.10.2022. Формат 60×84 1/8.
Бумага офсетная. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 33,25. Уч.-изд. л. 22,2. Тираж 150 экз. Заказ 191.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Республиканское унитарное предприятие «Издательский дом
«Беларуская навука». Свидетельства о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/18 от 02.08.2013, № 2/196 от 05.04.2017.
Ул. Ф. Скорины, 40, 220084, г. Минск.