



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
(Минск, 22–23 октября 2020 г.)

Минск
«Беларуская навука»
2020

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

ББК 40.7я43

Н34

Редакционная коллегия:

д-р техн. наук, проф., чл.-кор. НАН Беларуси П. П. Казакевич
(главный редактор), Е. В. Корзун

Рецензенты:

д-р техн. наук, проф., чл.-кор. НАН Беларуси П. П. Казакевич,
д-р техн. наук, проф. В. Н. Дашков, д-р техн. наук, проф. В. И. Передня,
д-р техн. наук, проф. Л. Я. Степук,
д-р техн. наук, доц., чл.-кор. НАН Беларуси В. В. Азаренко,
д-р техн. наук, доц. И. И. Гируцкий

Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве : материалы междунар. науч.-техн. конф. (Минск, 22–23 окт. 2020 г.) / редкол. : П. П. Казакевич (гл. ред.), Е. В. Корзун. – Минск : Беларуская навука, 2020. – 165 с.

В сборнике приведены 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», 2020

© Оформление. РУП «Издательский дом
«Беларуская навука», 2020

Д. И. Комлач, В. В. Голдыбан, М. И. Курилович

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

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СОРТИРОВАЛЬНОЙ МАШИНЫ

Аннотация: Реализован многофакторный эксперимент, позволивший обосновать основные параметры автоматической сортировальной машины, такие как скорость вальцового конвейера 0,4 м/с, давление в пневматической системе 524,3 кПа, диаметр форсунки 0,0049 м, при этом точность сортирования составила 99 %.

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

V. V. Goldyban, D. I. Komlach, M. I. Kurylovich

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

EXPERIMENTAL SUBSTANTIATION OF THE BASIC PARAMETERS OF THE AUTOMATIC SORTING MACHINE

Abstract: A multivariate experiment was implemented, which made it possible to substantiate the main parameters an automatic sorting machine, such as: roller conveyor speed 0.4 m/s, pneumatic system pressure 524.3 kPa, nozzle diameter 0.0049 m, and the sorting accuracy was 99 %.

Keywords: club potato, defect, automatic sorting, technical vision, experiment, regression equation.

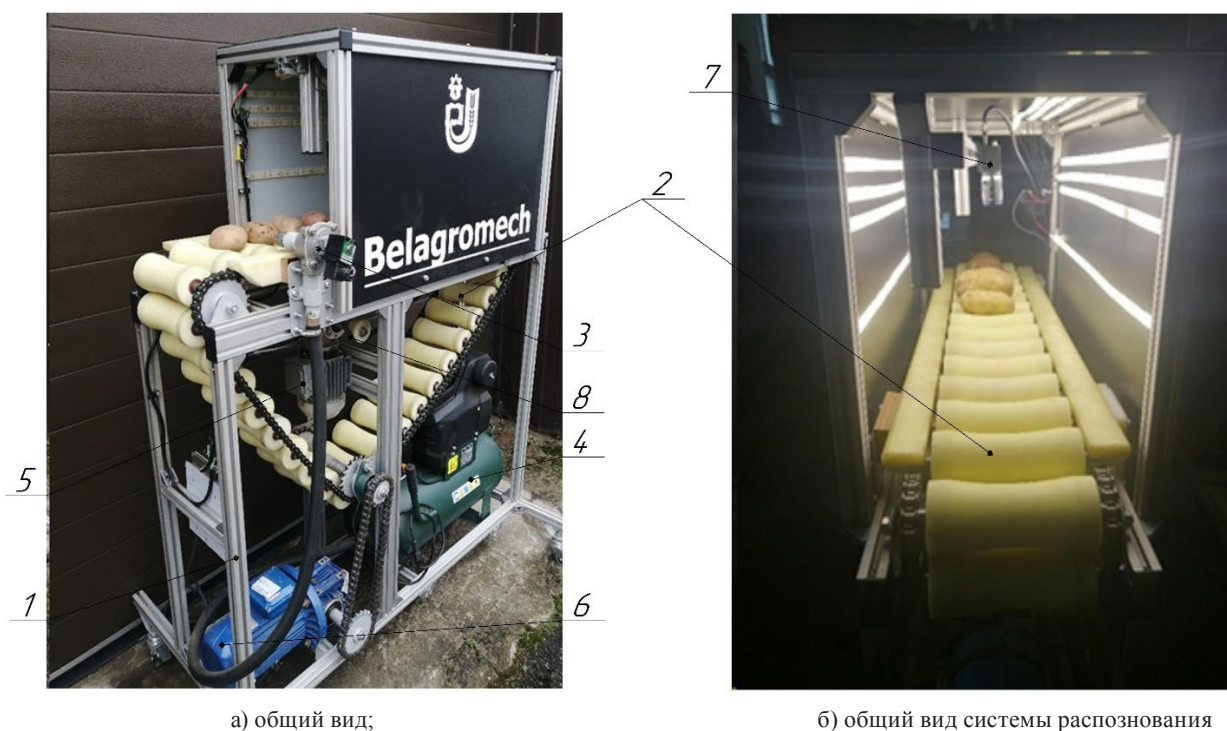
Введение

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

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработан макетный образец автоматической сортировальной машины. Для определения оптимальных параметров автоматической сортировальной машины изготовлена экспериментальная установка, позволяющая исследовать влияние основных конструктивных и режимных параметров автоматической сортировальной машины на точность сортировки продовольственного картофеля (рис. 1). Она состоит из рамы, вальцово-подающего конвейера, системы распознавания, программно-аппаратного обеспечения и пневматической системы отделения.



а) общий вид;

б) общий вид системы распознавания

Рис. 1. – Экспериментальная установка:

1 – рама; 2 – вальцово-подающий конвейер; 3 – пневматическая система отделения; 4 – компрессор; 5, 6 – мотор-редуктора; 7 – система распознавания; 8 – приводной ремень.

В качестве параметра оптимизации выбран коэффициент точности сортирования, который определяли по следующей зависимости:

$$T = \sum_{i=1}^n \frac{m_i}{m_0} \cdot 100\% \quad (1)$$

где n – число фракций;

m_1 – масса клубней, выделившаяся в данную фракцию и соответствующая ее требованиям;

m_0 – суммарная масса клубней всех фракции.

Перед проведением эксперимента выбрали базовые уровни и интервалы варьирования факторов, количество параллельных опытов в каждой точке плана и порядок его реализации. При выборе факторов оптимизации учитывали, что они должны непосредственно воздействовать на изучаемый объект, быть действительно независимыми, изменяемыми и управляемыми. Исходя из этих требований, в качестве факторов оптимизации выбираем: скорость вальцового конвейера x_1 , давление компрессора x_2 , диаметр форсунки x_3 (табл. 1).

Уровни варьирования факторов были определены из следующих соображений. Нижняя граница скорости вальцового конвейера была выбрана исходя из производительности сортировочной линии, для достижения которой необходима скорость 0,4 м/с. Верхняя граница определялась экспериментально, в результате чего была принята скорость 0,6 м/с, так как при увеличении скорости вальцового конвейера клубни картофеля находились на вальцах не устойчиво.

Таблица 1. – Уровни варьирования факторов

Факторы	Скорость вальцового конвейера, м/с, x_1	Давление компрессора, кПа, x_2	Диаметр форсунки, мм, x_3
Основной уровень x_{i0}	0,5	500	5
Интервалы варьирования Δx_i	0,1	100	1
Верхний уровень $x_i = +1$	0,6	600	6
Нижний уровень $x_i = -1$	0,4	400	4

Нижняя и верхняя границы варьирования давления компрессора были определены экспериментально в ходе проведения лабораторных исследований, шаг изменения факторов принимался равным 100 *кПа*, где верхний уровень – 600 *кПа*, нижний – 400 *кПа*.

Интервалы варьирования диаметра форсунки выбраны исходя из теоретических и экспериментальных исследований. Нижняя граница 4 *мм*, а верхняя – 6 *мм*.

Для получения уравнения регрессии был реализован некомпозиционный план по методу Бокса-Бенкина, который имеет тип 3^k (табл. 2) [2–5]. В данном плане выбранные переменные варьируются на трех уровнях: +1, 0, –1, что упрощает и удешевляет эксперимент по сравнению с центральными композиционными ротатбельными планами второго порядка, где предусматривается использование каждого фактора на пяти уровнях.

Таблица 2. – Матрица плана Бокса-Бенкина

Номер опыта	X_0	X_1	X_2	X_3	X_1X_2	X_1X_3	X_2X_3	X_1^2	X_2^2	X_3^2
1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0
2	1	1	–1	0	–1	0	0	1	1	0
3	1	–1	1	0	–1	0	0	1	1	0
4	1	–1	–1	0	1	0	0	1	1	0
5	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1
6	1	1	0	–1	0	–1	0	1	0	1
7	1	–1	0	1	0	–1	0	1	0	1
8	1	–1	0	–1	0	1	0	1	0	1
9	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1
10	1	0	1	–1	0	0	–1	0	1	1
11	1	0	–1	1	0	0	–1	0	1	1
12	1	0	–1	–1	0	0	1	0	1	1
13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

По результатам эксперимента было получено уравнение регрессии второго порядка:

$$y = 99,11 - 4,42x_1 + 1,83x_2 + 2,75x_3 - 1,97x_1^2 - 1,47x_2^2 - 1,97x_3^2 + 2,67x_1x_2 + 1,83x_1x_3 - 1,33x_2x_3. \quad (2)$$

Для получения функции отклика в зависимости от натуральных значений факторов декодируем уравнение регрессии (2).

Подставив в уравнение (2) натуральные значения факторов x_1, x_2, x_3 , получим функцию отклика в натуральных показателях:

$$T = 42,310 - 72,200v + 0,098P + 19,950d - 197,000v^2 - 0,0001P^2 - 1,970d^2 + 0,267vP + 18,300vd - 0,013Pd. \quad (3)$$

На рис. 2 представлены поверхности отклика, характеризующие зависимость качества сортировки продовольственного картофеля от значимых факторов.

Графические построения свидетельствуют о том, что с позиции обеспечения максимальных значений точности сортирования целесообразно использовать давление компрессора в пределах 400–540 *кПа*. Оптимальной же областью диаметра форсунки следует считать 5-6 *мм*, а скорость вальцового конвейера 0,4-0,46 *м/с*.

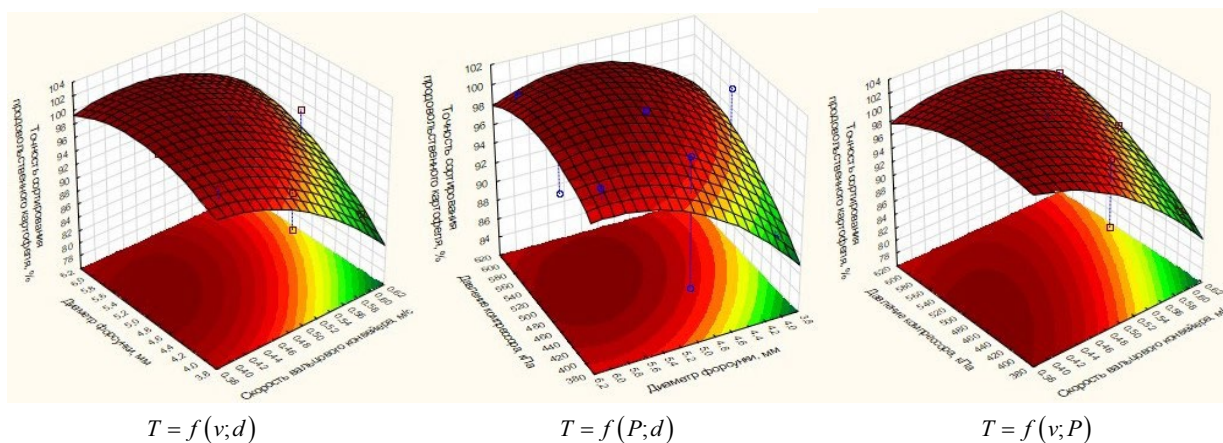


Рис. 2 – Поверхности отклика

Для определения значений факторов, при которых функция (2) достигает экстремума (в данном случае максимума), необходимо взять частные производные по x_i и, приравняв к нулю, решить полученную систему уравнений:

$$\begin{cases} \frac{\partial y}{\partial x_1} = -4,42 - 3,94x_1 + 2,67x_2 + 1,83x_3, \\ \frac{\partial y}{\partial x_2} = 1,83 - 2,94x_2 + 2,67x_1 - 1,33x_3, \\ \frac{\partial y}{\partial x_3} = 2,75 + 3,94x_3 + 1,83x_1 - 1,33x_2. \end{cases} \quad (4)$$

Затем полученные значения факторов подставляли в уравнение регрессии (3) и определяли коэффициенты вариации на минимальной и максимальной точности сортирования продовольственного картофеля.

Согласно проведенному анализу рациональными параметрами качества сортировки, в заданном интервале точности сортирования продовольственного картофеля являются следующие значения: скорость вальцового конвейера 0,4 м/с, давление в пневматической системе 524,3 кПа, диаметр форсунки 0,0049 м.

Заключение

Реализован многофакторный эксперимент, позволивший определить рациональные параметры: скорость вальцового конвейера 0, м/с, давление в пневматической системе 524,3 кПа, диаметр форсунки 0,004 м, при этом точность сортирования составила 99 %.

Список использованных источников

1. Зейрук, В.Н. Как снизить потери картофеля при уборке и хранении / В.Н. Зейрук, К.А. Пшеченков // Картофель и овощи. – 2001. – № 4. – С. 6–9.
2. Христофорова, И.А. Проведение активного эксперимента при разработке состава шихты для производства керамических изделий: метод. указания к лабораторным занятиям по дисциплине «Статистические методы исследования шихт в стекольной промышленности» / И.А. Христофорова. – Владимир: Владим. гос. ун-т, 2000. – 24 с.
3. Каледина, Н.Б. Влияние параметров печатного процесса на липкость краски / Н.Б. Каледина, Д.М. Медяк // Труды БГТУ. – Минск: БГТУ, 2011. – № 9 (147). – С. 23–27.
4. Голубцова, Е.С. Влияние температуры и времени спекания, марки порошка и количества добавки диоксида иттрия на теплопроводность нитрида алюминия / Е.С. Голубцова, Б.А. Каледин, Н.Б. Каледина // Теория и практика машиностроения. – 2004. – № 3. – С. 88–90.
5. Леонов, А.Н. Основы научных исследований и моделирования: учеб.-метод. комплекс / А.Н. Леонов, М.М. Дечко, В.Б. Ловкис. – Минск: БГАТУ, 2010. – 276 с.

Е. Л. Жилич¹, В. И. Передня¹, Д. В. Заяц¹, В. Ф. Радчиков², А. Н. Кот², В. П. Цай²,
А. М. Антонович²

¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: belagromeh.by

²РУП «Научно практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству»,
г. Жодино, Республика Беларусь
e-mail: belniig@tut.by

ВЛИЯНИЕ СКАРМЛИВАНИЯ ОБРАБОТАННОГО ЗЕРНА НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ И ОПЛАТУ КОРМА ПРОДУКЦИЕЙ

Аннотация: Протеин экструдированного зерна расщепляется в рубце на 10 % ниже, чем молотого. В рубцовой жидкости бычков, получавших экструдированное зерно, отмечается повышение уровня *pH* на 0,1. Также установлена тенденция снижения содержания уровня летучих жирных кислот и аммиака – на 2,7–6,8 и 4,2–6,3 % соответственно. Использование экструдированного зерна – пелюшки, вместо молотого, в рационах молодняка крупного рогатого скота в возрасте 6– месяцев, способствует повышению эффективности использования корма. Среднесуточный прирост живой массы увеличивается на 4,1–5,6 % по сравнению с аналогами, получавшими молотое зерно. В результате затраты кормов на получение прироста снижаются на 2,8–4,7 %, протеина – на 2,6–4,3 %.

Ключевые слова: рационы, концентрированные корма, бычки, гематологические показатели, рубцовое пищеварение.

E. L. Zhilich¹, V. I. Perednya¹, D. V. Zayats¹, V. F. Radchikov², A. N. Kot², V. P. Tsai², A. M. Antonovich²

¹RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»
Minsk, Republic of Belarus
e-mail: belagromeh.by

²RUE «SPC NAS of Belarus on animal husbandry»
Zhodino, Republic of Belarus
e-mail: belniig@tut.by

THE EFFECT OF FEEDING PROCESSED GRAIN ON THE PHYSIOLOGICAL STATE AND PAYMENT FOR FEED PRODUCTS

Abstract: The protein of the extruded grain is split in the rumen 10 % lower, than that of the ground grain. In the rumen fluid of bullocks that received extruded grain, there is an increase in the *pH* level by 0.1. There is also a tendency to decrease the level of volatile fatty acids and ammonia by 2.7–6.8 and 4.2–6.3 %, respectively. The use of extruded – pelyushki grain, instead of ground, in the diets of young cattle at the age of 6–9 months increases the efficiency of the feed used. The average daily increase in live weight increases by 4.1–5.6 % compared to analogues, that received ground grain. As a result – feed costs for obtaining growth are reduced by 2.8–4.7 %, protein-by 2.6–4.3 %.

Keywords: diets, concentrated feed, steers, hematological indicators, scar digestion.

Введение

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, минеральных и биологически активных веществах [1, 2].

В кормлении сельскохозяйственных животных важной проблемой является недостаток протеина в рационах. В связи с этим, наряду с увеличением производства высококачественных бел-

ковых кормов, важное значение имеет разработка способов повышения эффективного использования протеина в организме животных. Исследованиями доказано [3-5], что решение вопросов рационального белкового питания жвачных животных невозможно без четкого понимания процессов распада кормового протеина и синтеза микробного белка в рубце. Исходя из этого, определение условий, способствующих усилению синтеза 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 эффективного использования корма на получение продукции [6, 7].

Экспериментальные данные об особенностях метаболизма азотистых веществ в преджелудках жвачных, познание физико-химических свойств протеина, изучение процессов синтеза микробного белка в рубце и определение вклада последнего в аминокислотную обеспеченность животного, послужили основанием для нового подхода к нормированию протеинового питания жвачных животных.

Потребность в азотистых компонентах у жвачных удовлетворяется за счет аминокислот микробного белка, всосавшихся в тонком кишечнике, и нераспавшегося в рубце протеина [8, 9]. При увеличении продуктивности животных микробный белок не в состоянии удовлетворить возрастающие потребности организма в аминокислотах. Чем выше продуктивность животных, тем выше значение нераспавшегося в рубце протеина корма в общее количество аминокислот организма. Нераспавшийся в рубце кормовой протеин должен содержать большую часть незаменимых аминокислот и иметь высокую переваримость в кишечном тракте [10-12].

Молодняку крупного рогатого скота, выращиваемому на убой, для повышения интенсивности роста с целью получения мяса лучшего качества и в большем количестве, необходимо, в первую очередь, обеспечить максимально эффективное использование всех питательных веществ в качестве пластического материала для биосинтеза мышечных белков и разработки технологических приемов, регулирующих процессы ферментации в рубце [13-15]. В связи с тем, что скорость распада протеина зависит от способов подготовки этих кормов к скармливанию, успешное решение подобных вопросов определяется регулированием процессов пищеварения и обмена веществ в организме животных.

Отсюда следует, что обработка высокобелковых концентрированных кормов, позволяющая снизить расщепление протеина в рубце, обеспечит более эффективное использование пищевых смесей для получения качественной продукции в больших объемах.

Основная часть

Цель работы: определить зависимость показателей рубцового пищеварения у молодняка крупного рогатого скота в возрасте 6– месяцев от скармливания экструдированных высокобелковых концентрированных кормов.

Исследования проведены на молодняке крупного рогатого скота черно-пестрой породы в возрасте 6– месяцев (табл. 1).

Рационы животных нормировались по основным питательным веществам. Для этого были отобраны и проанализированы корма, используемые для кормления подопытных животных.

Таблица 1. – Схема исследований

Группы	Количество животных, голов	Возраст животных, мес.	Продолжительность опыта, дней	Особенности кормления
I опытная	3	4	60	ОР (травяные корма, комбикорм) + молотое зерно бобовых
II опытная	3	4	60	ОР + экструдированное зерно бобовых

Различия в кормлении заключались в том, что в контрольных группах часть комбикорма заменена размолотым зерном бобовых культур, а в опытных – экструдированным.

Отбор проб проводился по ГОСТ 27262-87. Анализ химического состава кормов проводили в лаборатории оценки качества кормов и биохимических анализов РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству» по схеме общего зоотехнического анализа.

Процессы рубцового метаболизма определяли методом *in vivo* на молодняке крупного рогатого скота с вживленными хроническими фистулами рубца (Ø 2,5 см).

В жидкой части рубцового содержимого определяли следующие показатели:

- концентрацию ионов водорода (*pH*) – по ГОСТ 26180-84;
- концентрацию аммиака и общий азот – по ГОСТ 13496.4-93 п.3 с применением автоматического анализатора UDK 132 и UDK 159 (VELP, Италия);
- общее количество ЛЖК – методом паровой дистилляции в аппарате Маркгама;
- количество инфузорий – путем подсчета в четырехсетчатой камере Горяева.

Биохимические показатели крови определяли с помощью биохимического анализатора Ascent 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.

Кроме рубцового пищеварения и гематологических показателей в процессе опытов изучали:

- поедаемость кормов – путем проведения ежедекадных контрольных кормлений в течение двух смежных суток по разности массы заданных кормов и несъеденных остатков;
- интенсивность роста и уровень среднесуточных приростов животных – путем индивидуального взвешивания в начале и в конце опыта;
- эффективность использования кормов.

Статистическая обработка результатов анализа проведена с учетом критерия достоверности по Стьюденту.

Результаты исследований

Исследованиями установлено, что рацион подопытных животных состоял из силоса кукурузного, комбикорма и зерна пелюшки. Бычки контрольной группы получали молотую пелюшку, опытной – экструдированную.

В структуре рациона доля концентрированных кормов составила около 40 %, травяных – 60 % – по питательности. Концентрированные корма животные потребляли в полном объеме. Отмечено незначительное повышение потребления кукурузного силоса в опытной группе.

В среднем, в сутки, подопытный молодняк получал 6,2–6,3 кг/голову сухого вещества рациона (табл. 2). Содержание обменной энергии в сухом веществе рациона опытных групп составило 10,2–10,3 МДж/кг. На долю сырого протеина в сухом веществе рационов приходилось 13 %, клетчатки – 25 %. Остальные контролируемые показатели питательности рациона учтены и сбалансированы в пределах норм.

Таблица 2. – Рацион подопытных животных

Корма и питательные вещества	Группа	
	I	II
Силос кукурузный, кг	12,4	12,6
Комбикорм, кг	1,6	1,6
Пелюшка молотая, кг	0,5	
Пелюшка экструдированная, кг		0,5
В рационе содержится:		
Корм. ед.	6,09	6,16
Обменная энергия, КРС, МДж	63,5	64,3
Сухое вещество, г.	6195	6280
Сырой протеин, г	816	827

Корма и питательные вещества	Группа	
	I	II
Сырой жир, г	319	324
Сырая клетчатка, г	1554	1579
БЭВ, г	3129	3164
Кальций, г	40,7	41,2
Фосфор, г	25,9	26,2
Магний, г	13,9	14,1
Калий, г	74,7	75,7
Сера, г	11,7	11,9
Железо, мг	1592	1616
Медь, мг	136,7	137,1
Цинк, мг	267	269
Марганец, мг	458	464
Кобальт, мг	2,31	2,31
Йод, мг	2,44	2,47
Калий, г	74,7	75,7
Сера, г	11,7	11,9
Железо, мг	1592	1616
Медь, мг	136,7	137,1
Цинк, мг	267	269
Марганец, мг	458	464
Кобальт, мг	2,31	2,31
Йод, мг	2,44	2,47

Исследования расщепляемости протеина зерна пелюшки показали, что она составила 76 % в контрольной группе и 66 % в опытной.

В результате замены молотой пелюшки на экструдированную, изменились показатели рубцового пищеварения у подопытных животных (табл. 3).

Таблица 3. – Параметры рубцового пищеварения

Показатель	Группа	
	I	II
pH	6,6±0,03	6,6±0,15
ЛЖК, ммоль/10 мл	12,47±0,12	12,2±0,31
Инфузории, тыс./мл	753±18,0	793±12,6
Азот общий, мг/10 мл	122,7±1,76	124,0±2,08
Аммиак, мг/10 мл	10,93±0,35	10,47±0,20

Уровень pH рубцовой жидкости во всех группах находился на одинаковом уровне и составил 6,5. Обобщив результаты по содержанию ЛЖК, следует отметить, что данный показатель был ниже в опытной группе на 2,2 %. Изучение показателей белкового обмена в рубце показало, что содержание общего азота находилось практически на одинаковом уровне у животных всех групп. В опытной группе отмечено снижение содержания аммиака на 4,2 %, что, возможно, связано с более высоким уровнем синтетических процессов в рубце. Кроме того, увеличилось количество инфузорий в рубцовой жидкости животных опытной группы на 5,3 %, что также свидетельствует о более интенсивном протекании процессов синтеза протеина микрофлорой рубца.

Как показали исследования, животные были клинически здоровы, все гематологические показатели находились в пределах физиологических норм (табл. 4).

Таблица 4. – Гематологические показатели

Показатель	Группа	
	I	II
Общий белок, г/л	77,7±2,01	80,4±2,75
Мочевина, ммоль/л	4,93±0,219	4,63±0,203
Глюкоза, ммоль/л	2,69±0,12	2,75±0,14
Кальций общий, ммоль/л	2,70±0,057	2,63±0,069
Фосфор неорганический, ммоль/л	1,73±0,031	1,74±0,057

Установлено более высокое содержание общего белка в крови животных опытной группы на 3,5 % и глюкозы на 2,2 %, концентрация мочевины в крови бычков опытной группы снизилась на 6,1 % и составила 4,6 ммоль/л.

Включение в рацион молодняка крупного рогатого скота в возрасте 6– месяцев экструдированного зерна пелюшки способствовало повышению эффективности продуктивного действия корма в опытных группах (табл. 5).

Таблица 5. – Динамика живой массы и эффективность использования кормов подопытным молодняком

Показатель	Группа	
	I	II
Живая масса:		
в начале опыта	218,5±1,4	222,2±1,50
в конце опыта	268,5±2	274,7±20
Валовой прирост	50±0,7	52,5±0,80
Среднесуточный прирост	833±12,2	875±12,80
% к контролю	100	105,0
Затраты корма на 1 кг прироста	7,31	7,04
% к контролю	100	96,3
Затраты протеина на 1 кг прироста	0,98	0,95
% к контролю	100	96,9

Более высокая энергия роста отмечена во II опытной группе – 875 г среднесуточного прироста, что на 5,0 % выше, чем в контрольной группе. В результате затраты кормов в этой группе снизились на 3,7 % и составили 7,04 корм. ед. на 1 кг прироста. Также снизились затраты протеина на кормов получение прироста на 3,1 %.

Заключение

Протеин экструдированного зерна расщепляется в рубце на 8–11 % ниже, чем молотого. В рубцовой жидкости бычков, получавших экструдированное зерно, отмечается повышение уровня рН на 0,1. Также установлена тенденция снижения содержания уровня летучих жирных кислот и аммиака – на 2,7–6,8 и 4,2–6,3 % соответственно.

Использование экструдированного зерна пелюшки, вместо молотого, в рационах молодняка крупного рогатого скота, в возрасте 6– месяцев, способствует повышению эффективности использования корма. Среднесуточный прирост живой массы увеличивается на 4,1–5,6 % по сравнению с аналогами, получавшими молотое зерно. В результате затраты кормов на получение прироста снижаются на 2,8–4,7 %, протеина – на 2,6–4,3 %.

Список использованных источников

1. Богданович, Д. М. Кремнезёмистые и карбонатные сапропели в рационах молодняка крупного рогатого скота / Д. М. Богданович // Модернизация аграрного образования: интеграция науки и практики. Сборник научных трудов по материалам V Международной научно-практической конференции; Минск. – 2019. – С. 216–219.

2. Радчикова, Г.Н. Какой заменитель молока нужен телёнку/ Радчикова Г.Н., Трокоз В.А., Карповский В.И., Брошков М.М., Стояновский В.Г., Кот А.Н., Цай В.П., Бесараб Г.В. // Инновационные технологии в сельском хозяйстве, ветеринарии и пищевой промышленности. Материалы 83-й международной научно-практической конференции. 2018. – С. 130–136.
3. Кот, А.Н., Бесараб, Г.В., Антонович, А. М. Влияние «защиты» протеина на эффективность использования корма молодняком крупного рогатого скота / А.Н. Кот, Г.В. Бесараб, А. М. Антонович // 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»; Составители: Л.В. Ефимова, Т.В. Зазнобина. 2018. – С. 148–152.
4. Антонович, А.М., Бесараб, Г.В. Комбикорма с экструдированным люпином для молодняка крупного рогатого скота/ А.М. Антонович, Г.В. Бесараб // Новые подходы к разработке технологий производства и переработки сельскохозяйственной продукции. Материалы Международной научно-практической конференции. Под общ. ред. И.Ф. Горлова . 2018. – С. 72–76.
5. Радчикова, Г.Н. Влияние кормовой добавки гумат натрия на мясную продуктивность и качество говядины / Радчикова Г.Н., Цай В.П., Гирдзиевская Е.Ч., Симоненко Е.П., Яночкин И.В. // Зоотехническая наука Беларуси. 2015. Т. 50. № 2. – С. 69–77.
6. Богданович, Д.М., Разумовский, Н.П. Переваримость, использование питательных веществ и продуктивность молодняка крупного рогатого скота при скармливании биологически активной добавки / Д. М. Богданович, Н.П. Разумовский // Селекционно-генетические и технологические аспекты производства продуктов животноводства, актуальные вопросы безопасности жизнедеятельности и медицины. Материалы международной научно-практической конференции посвященной 90-летию юбилею биотехнологического факультета. 2019. – С. 13–23.
7. Богданович, Д.М., Разумовский, Н.П. Эффективность скармливания телятам кормовой добавки «ПМК» / Д. М. Богданович, Н.П. Разумовский // 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. 401–405.
8. Богданович, Д.М., Разумовский, Н.П. Эффективность включения в рацион бычков новой кормовой добавки/ Д. М. Богданович, Н.П. Разумовский // Селекционно-генетические и технологические аспекты производства продуктов животноводства, актуальные вопросы безопасности жизнедеятельности и медицины. Материалы международной научно-практической конференции посвященной 90-летию юбилею биотехнологического факультета. 2019. – С. 75–80.
9. Сучкова, И.В. Эффективность скармливания зерновой патоки в рационах крупного рогатого скота / Сучкова И.В., Радчикова Г.Н., Лемешевский В.О., Сергучев С.В., Возмитель Л.А., Букас В.В. // Ученые записки учреждения образования Витебская орден Знак почета государственная академия ветеринарной медицины. 2013. Т. 49. № 2–1. – С. 254–257.
10. Богданович, Д.М., Разумовский, Н.П. Физиологическое состояние и продуктивность бычков в зависимости от количества протеина в рационе / Д. М. Богданович, Н.П. Разумовский // Социально-экономические и экологические аспекты развития Прикаспийского региона. Материалы Международной научно-практической конференции. 2019. – С. 197–202.
11. Разумовский, Н.П., Богданович, Д.М. Обмен веществ и продуктивность бычков при разном количестве нерасщепляемого протеина в рационе / Н.П. Разумовский, Д. М. Богданович // В сборнике: научное обеспечение животноводства Сибири. Материалы III международной научно-практической конференции. 2019. – С. 225–228.
12. Радчикова, Г.Н. Использование добавки «Бевитал» в кормлении коров / Радчикова Г.Н., Киреенко Н.В., Возмитель Л.А., Гурина Д.В., Карелин В.В. // Зоотехническая наука Беларуси. 2009. Т. 44. № 2. – С. 182–189.
13. Петрушко, Е.В., Богданович, Д.М. // Качественная характеристика молока коз-продуцентов рекомбинантного лактоферрина человека третьего и четвертого года лактации/ Е.В. Петрушко, Д.М. Богданович // В сборнике: Перспективные аграрные и пищевые инновации. Материалы Международной научно-практической конференции. Под общей редакцией И. Ф. Горлова. 2019. – С. 161–166.
14. Цай, В.П. Использование разных количеств лактозы в рационах молодняка крупного рогатого скота / Цай В.П., Радчикова Г.Н., Бесараб Г.В., Приловская Е.И // Научное обеспечение животноводства Сибири. Материалы III Международной научно-практической конференции. 2019. – С. 278–282.
15. Кот, А.Н. Влияние минеральных добавок из местных источников сырья на эффективность выращивания молодняка крупного рогатого скота/ Кот А.Н., Радчикова Г.Н., Сергучев С.И., Пентилук С.И., Карелин В.В. // Ученые записки учреждения образования Витебская орден Знак почета государственная академия ветеринарной медицины. 2010. Т. 46. № 1-2. – С. 157–160.

**В. И. Передня¹, В. Ф. Радчиков², Е. Л. Жилич¹, Д. В. Заяц¹, А. Н. Кот², В. П. Цай²,
Г. В. Бесараб²**

¹РУП «НППЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: belagromeh.by

²РУП «Научно практический центр Национальной академии наук
Беларуси по животноводству», г. Жодино, Республика Беларусь
e-mail: belniig@tut.by

ВЛИЯНИЕ КРУПНОСТИ ПОМОЛА ЗЕРНА НА РУБЦОВОЕ ПИЩЕВАРЕНИЕ И ПРОДУКТИВНОСТЬ БЫЧКОВ

Аннотация: Установлено, что протеин молотого зерна пелюшки в течение 6 часов инкубации в рубце распадается на 64,7 %, в то время как у дробленого зерна на 19,2 %. Такое зерно более равномерно ферментируется бактериями рубца, а белок эффективнее используется для синтеза микробного протеина. Использование в кормлении бычков дроблёного зерна пелюшки приводит к снижению содержания в рубцовой жидкости небелкового азота на 3,3–9,3 %, аммиака – на 3,3–17,2 %, и повышению: концентрации белкового азота – на 5,1–6,3 %; рН – на 0,1–0,2 %; среднесуточного прироста живой массы – на 4,9 % – при снижении затрат кормов на получение продукции на 6,6 %, протеина – на 7,7 %.

Ключевые слова: бычки, рационы, зерно, размол, дробление, рубцовое пищеварение, протеин, пелюшка.

V. I. Perednya¹, V. F. Radchikov¹, E. L. Zhilich¹, D. V. Zayats¹, A. N. Kot², V. P. Tsai², G. V. Besarab²

¹RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»
Minsk, Republic of Belarus
e-mail: belagromeh.by

²RUE «SPC NAS of Belarus on animal husbandry»
Zhodino, Republic of Belarus
e-mail: belniig@tut.by

INFLUENCE GRAIN SIZE FOR CICATRICIAL DIGESTION AND THE PRODUCTIVITY OF BULLS

Abstract: It was found that the protein of ground pelyushki grain during 6 hours of incubation in the rumen breaks down by 64,7 %, while in crushed grain by 19,2 %. This grain is more evenly fermented by rumen bacteria and the protein, is more effectively used for the synthesis of microbial protein. The use of crushed wheat in the feeding of calves leads to a decrease in the content of non-protein nitrogen in the rumen liquid by 3,3–9,3 % and ammonia – by 3,3–17,2 %, an increase in the concentration of protein nitrogen by 5,1–6,3 %, pH – by 0,1–0,2 %, average daily increases in live weight – by 4,9 %, while reducing the cost of feed for production by 6.6 %, protein – by 7,7 %.

Keywords: steers, rations, grain, grinding, crushing, scar digestion.

Введение

В кормлении сельскохозяйственных животных особо важное значение имеют разработки способов повышения эффективности использования белковых кормов [1–3]. Решение вопросов рационального белкового питания жвачных животных невозможно без понимания процессов распада кормового протеина и синтеза микробного белка в рубце [4–7].

С повышением продуктивности значительно возрастают требования к качеству кормов и их способности удовлетворять потребности животных в питательных веществах [8, 9].

Потребность в азотистых компонентах у жвачных обеспечивается за счет аминокислот микробного белка, всасывающихся в тонком кишечнике и не распадающегося в рубце протеина [10]. Необходимые элементы поступают в составе микробного белка, с нераспавшимся про-

теином корма и эндогенными белками [11, 12]. Следовательно, главным фактором эффективного использования протеина в организме служит создание благоприятных условий в рубце, обеспечивающих максимальный синтез микробного белка с адекватным увеличением поступления в кишечник полноценного кормового протеина [13]. 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 [14].

Повышение интенсивности роста выращиваемого на мясо молодняка крупного рогатого скота, получение от него большего и лучшего качества мяса, решается, в первую очередь, обеспечением максимально эффективного использования всех питательных веществ для биосинтеза мышечных белков и разработкой технологических приемов, регулирующих процессы ферментации в рубце [15]. 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.

Основная часть

Цель работы: определить зависимости использования протеина и показателей белкового обмена у молодняка крупного рогатого скота от применяемых механических способов обработки высокобелковых концентратов.

Материал и методика исследований: для решения поставленной цели проведен физиологический опыт на 2-х группах молодняка крупного рогатого скота черно-пестрой породы в возрасте 3 месяцев в течение 60 дней (табл. 1).

Таблица 1. – Схема исследований

Группа	Количество животных, голов	Возраст животных, мес.	Продолжительность опыта, дней	Особенности кормления
I опытная	3	4	60	ОР (травяные корма, комбикорм) + молотое зерно бобовых
II опытная	3	4	60	ОР + дробленое зерно бобовых

Различия в кормлении заключались в том, что животные контрольной группы, взамен части комбикорма, получали размолотое (величина частиц до *мм*) зерно бобовых культур, а в опытных – дробленое (величина частиц 2–*мм*).

В процессе опытов изучали: поедаемость кормов; интенсивность роста и уровень среднесуточных приростов животных; эффективность использования кормов.

Химический состав кормов, используемых в опытах, определялся по схеме общего зоотехнического анализа в лаборатории биохимических анализов РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству».

В кормах определяли: первоначальную, гигроскопичную и общую влагу; сырой протеин; сырую клетчатку; сырой жир; сырую золу; кальций, фосфор; органическое вещество, БЭВ.

Интенсивность процессов рубцового пищеварения у бычков изучена путем отбора проб жидкой части содержимого рубца через фистулу спустя 2–2,5 часа после утреннего кормления.

В жидкой части рубцового содержимого определяли следующие показатели: концентрацию ионов водорода (*pH*); концентрацию аммиака и общий азот; общее количество ЛЖК; количество инфузорий.

Для контроля за физиологическим состоянием животных проводили изучение гематологических показателей. Для этого через 3–3,5 часа, после утреннего кормления, у подопытных животных брали пробы крови с последующим анализом.

Расщепляемость протеина определяли по ГОСТ 28075-89, для чего образцы концентрированных кормов помещали в нейлоновые мешочки и выдерживали в рубце в течение 6 часов.

Статистическая обработка результатов анализа была проведена с учетом критерия достоверности по Стьюденту.

При оценке значений критерия достоверности исходили в зависимости от объема анализируемого материала. Вероятность различий считалась достоверной при уровне значимости $P < 0,05$. В работе приняты следующие обозначения уровня значимости (P): $*P < 0,05$; $**P < 0,01$.

Результаты исследований

В состав рациона подопытных животных входило сено разнотравное, силос кукурузный и комбикорм (табл. 2).

Таблица 2. – Рацион подопытных животных

Корма и питательные вещества	Группа	
	I	II
Силос кукурузный, кг	5,2	5,1
Сено многолетних трав, кг	1,5	1,4
Комбикорм КР-3, кг	1,7	1,7
Зерно пелюшки молотое, кг	0,3	
Зерно пелюшки дробленое, кг		0,3
В рационе содержится:		
Корм. ед.	4,53	4,44
Обменная энергия, МДж	46,9	46,0
Сухое вещество, кг	4,7	4,6
Сырой протеин, г	625	609
РП, г	449	399
НРП, г	175	210
Сырой жир, г	198	197
Сырая клетчатка, г	922	893
Крахмал, г	1033	1031
Сахар, г	116	111
БЭВ, г	2476	2425
Кальций, г	44,2	42,6
Фосфор, г	25,3	24,6
Магний, г	8,93	8,72
Калий, г	38,7	38,2
Сера, г	6,33	6,26
Железо, мг	934	907
Медь, мг	131	130
Цинк, мг	223	218
Марганец, мг	579	556
Кобальт, мг	2,24	2,23
Йод, мг	1,43	1,42

В структуре рациона на долю концентрированных кормов, приходилось 47–48 % по питательности, травяных – 52–53 %. Потребление кормов во всех группах находилось практически на одинаковом уровне. Концентрированные корма животные съедали полностью. По потреблению кукурузного силоса отмечены незначительные различия.

В среднем в сутки подопытный молодняк получал 4,5–4,6 кг/голову сухого вещества рациона. Содержание обменной энергии в сухом веществе рациона составило 10,0 МДж/кг сырого протеина – 13,3 %, клетчатки – 19,3–19,4 %. Остальные контролируемые показатели питательности рациона были учтены и сбалансированы в пределах норм.

Результаты исследований *in vivo* показали, что расщепляемость протеина молотого зерна пелюшки, в рубце молодняка крупного рогатого скота, составила 64,7 %. В то же время дробленого зерна – всего 19,2 %, или меньше на 45,5 п.п. Подобная разница объясняется тем, что рубцовая микрофлора еще не достаточно сильно развита и процессы ферментации сухого вещества корма идут не так интенсивно, как у взрослых животных. В результате этого содержание расщепляемого протеина в рационе второй группы находилась на уровне 65 %, что на 7 п.п. ниже, чем в первой группе.

Использование в кормлении подопытных животных молотого и дробленого зерна пелюшки оказало определенное влияние на показатели рубцового пищеварения (табл. 3).

Таблица 3. – Состав рубцовой жидкости подопытных животных

Показатель	Группа	
	I	II
pH	6,42±0,08	6,50±0,16
ЛЖК ммоль/10 мл	11,8±0,54	11,7±0,52
Азот общий, мг/10 мл	150±0,81	147±3,75
Азот белковый, мг/10 мл	113±1,91	111±3,3
Азот небелковый, мг/10 мл	37,4±1,24	36,1±0,47
Аммиак, мг/10 мл	15,7±0,66	14,9±0,32

Наиболее низкий уровень pH отмечен в рубцовой жидкости животных первой группы – 6,42. Во второй группе, получавшей дробленое зерно пелюшки, этот показатель был выше и составил 6,5. По содержанию ЛЖК различий не установлено. Изучение показателей белкового обмена в рубце показало, что у животных первой группы содержание общего азота оказалось выше на 2 %, белкового – на 1,8 %, небелкового – на 3,5 и аммиака – на 5,1 %, чем у молодняка второй группы.

Изучение состава крови подопытных животных показало, что все гематологические показатели находились в пределах физиологических норм (табл. 4).

Таблица 4. – Гематологические показатели

Показатель	Группа	
	I	II
Эритроциты, 10 ¹² /л	6,41±0,22	6,39±0,18
Гемоглобин, г/л	102±2,82	101±1,23
Общий белок, г/л	75,20±4,80	74,17±3,72
Глюкоза, ммоль/л	2,76±0,09	2,73±0,04
Щелочной резерв, ммоль/л	25,08±0,95	25,15±0,69
Мочевина, ммоль/л	4,65±0,21	4,39±0,07
Кальций общий, ммоль/л	2,74±0,03	2,79±0,07
Фосфор неорганический, ммоль/л	1,79±0,09	1,74±0,12

В крови животных второй группы установлено снижение содержания мочевины на 5,6 % и фосфора – на 2,8 %. Однако данные различия недостоверны. По остальным показателям значительных различий не отмечено.

В результате взвешивания животных установлено, что замена молотого зерна пелюшки на дробленое оказала положительное влияние на их продуктивность (табл. 5).

Таблица 5. – Продуктивность животных и эффективность использования кормов

Показатель	Группа	
	I	II
Живая масса:		
в начале опыта	136,1±0,8	138,1±0,80
в конце опыта	181,8±1,3	185,9±1,30
Валовой прирост	45,7±0,6	47,9±0,50
Среднесуточный прирост	761±10,6	798±8,30
% к контролю	100	104,9
Затраты кормов на 1 кг прироста, корм. ед.	5,95	5,56
% к контролю	100	93,4
Затраты протеина на 1 кг прироста, кг	0,82	0,76
% к контролю	100	92,3

Исследованиями установлено, что животные опытной группы имели более высокую энергию роста. Так, среднесуточный прирост живой массы в контрольной группе составил 761 г, в опытной – 798 г, что на 4,9 % больше. За 60 дней опыта во второй группе получено дополнительно 2,2 кг/гол. прироста. Затраты кормов в контрольной группе составили 5,95 корм. ед., в опытной – 5,56 корм. ед., или на 6,6 % ниже. Уменьшились также и затраты протеина – на 7,7 %.

Заключение

Установлено, что протеин молотого зерна пелюшки в течение 6 часов инкубации в рубце распадается на 64,7 %, в то время как у дробленого зерна на 19,2 %. Такое зерно более равномерно ферментируется бактериями рубца, а протеин эффективнее используется для синтеза микробного протеина.

Использование в кормлении бычков дроблёного зерна пелюшки приводит к снижению содержания в рубцовой жидкости небелкового азота на 3,3–9,3 % и аммиака – на 3,3–17,2 %, повышению концентрации белкового азота на 5,1–6,3 %, pH – на 0,1–0,2, среднесуточных приростов живой массы – на 4,9 %, при снижении затрат кормов на получение продукции – на 6,6 %, протеина – на 7,7 %.

Список использованных источников

1. Ганущенко, О. Ф. Эффективность использования новых вариабельно-возрастных видов заменителей цельного молока при выращивании телят / О. Ф. Ганущенко, Л. С. Боброва, В. В. Славецкий // Зоотехническая наука Беларуси. 2012. Т. 47. № 2. – С. 31–40.
2. Богданович, Д. М., Разумовский, Н. П. Эффективность включения в рацион бычков новой кормовой добавки / Д. М. Богданович, Н. П. Разумовский // Селекционно-генетические и технологические аспекты производства продуктов животноводства, актуальные вопросы безопасности жизнедеятельности и медицины. Материалы международной научно-практической конференции посвященной 90-летию юбилею биотехнологического факультета. 2019. – С. 75–80.
3. Петрушко, Е. В., Богданович, Д. М. // Качественная характеристика молока коз-продуцентов рекомбинантного лактоферрина человека третьего и четвертого года лактации / Е. В. Петрушко, Д. М. Богданович // Перспективные аграрные и пищевые инновации. Материалы Международной научно-практической конференции. Под общей редакцией И. Ф. Горлова. 2019. – С. 161–166.
4. Ганущенко, О. Ф. Многолетние бобовые травы и оптимизация параметров их консервирования / О. Ф. Ганущенко // Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию, Витебский зональный институт сельского хозяйства. Минск, 2010.
5. Славецкий, В. Б. Рациональное использование кормовых ресурсов и профилактика нарушений обмена веществ у животных в стойловый период / В. Б. Славецкий [и др.] // рекомендации / Учреждение образования «Витебская орден «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины». Витебск, 2002.
6. Богданович, Д. М., Разумовский, Н. П. Физиологическое состояние и продуктивность бычков в зависимости от количества протеина в рационе / Д. М. Богданович, Н. П. Разумовский // Социально-экономические и экологические аспекты развития Прикаспийского региона. Материалы Международной научно-практической конференции. 2019. – С. 197–202.

7. Разумовский, Н.П., Богданович, Д.М. Обмен веществ и продуктивность бычков при разном количестве нерасщепляемого протеина в рационе / Н.П. Разумовский, Д.М. Богданович // В сборнике: научное обеспечение животноводства Сибири. Материалы III международной научно-практической конференции. 2019. – С. 225–228.
8. Богданович, Д.М., Разумовский, Н.П. Переваримость, использование питательных веществ и продуктивность молодняка крупного рогатого скота при скормлении биологически активной добавки / Д.М. Богданович, Н.П. Разумовский // Селекционно-генетические и технологические аспекты производства продуктов животноводства, актуальные вопросы безопасности жизнедеятельности и медицины. Материалы международной научно-практической конференции посвященной 90-летию факультета биотехнологического факультета. 2019. – С. 13–23.
9. Радчикова, Г.Н. Эффективность скормливания молочного сахара в составе заменителей цельного молока для телят / Радчикова Г.Н., Сапсалёва Т.Л., Приловская Е.И., Ярошевич С.А., Богданович И.В., Натынчик Т.М., Шевцов А.Н., Будько В.М., Пилюк С.Н., Разумовский С.Н. // Зоотехническая наука Беларуси. 2019. Т. 54. № 2. – С. 75–82.
10. Богданович, Д.М. Кремнезёмистые и карбонатные сапропели в рационах молодняка крупного рогатого скота / Д.М. Богданович // В сборнике: Модернизация аграрного образования: интеграция науки и практики. Сборник научных трудов по материалам V Международной научно-практической конференции. 2019. – С. 216–219.
11. Пайтеров, С.Н., Богданович, Д.М. Эффективность применения раствора мелоксикама в трансплантации эмбрионов крупного рогатого скота / Пайтеров С.Н., Богданович Д.М. // Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства. Материалы национальной научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня рождения Заслуженного работника высшей школы РФ, Почетного профессора Брянской ГСХА, доктора ветеринарных наук, профессора А.А. Ткачева. 2018. – С. 119–122.
12. Пайтеров, С.Н., Богданович, Д.М. Эффективность использования дексаметазона при криоконсервировании эмбрионов крупного рогатого скота / Пайтеров С.Н., Богданович Д.М. Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства. Материалы национальной научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня рождения Заслуженного работника высшей школы РФ, Почетного профессора Брянской ГСХА, доктора ветеринарных наук, профессора А.А. Ткачева. 2018. – С. 123–126.
13. Богданович, Д.М., Разумовский, Н.П. Эффективность скормливания телятам кормовой добавки «ПМК» / Д.М. Богданович, Н.П. Разумовский // 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. 401–405.
14. Цай, В.П. Использование разных количеств лактозы в рационах молодняка крупного рогатого скота / Цай В.П., Радчикова Г.Н., Бесараб Г.В., Приловская Е.И. // Научное обеспечение животноводства Сибири. Материалы III Международной научно-практической конференции. 2019. – С. 278–282.
15. Натынчик, Т.М. Зависимость рубцового пищеварения и эффективности использования кормов молодняком крупного рогатого скота от степени измельчения зерна бобовых / Натынчик Т.М., Космович Е.Ю., Савенков О.И., Макаревич Я.В. // Биотехнология: достижения и перспективы развития. Сборник материалов III Международной научно-практической конференции. Шебеко К.К. (гл. редактор). 2018. – С. 62–64.

**В. Ф. Радчиков¹, В. И. Передня², Е. Л. Жилич², Д. В. Заяц², Г. В. Бесараб¹, А. Н. Кот¹,
Е. И. Приловская¹**

¹РУП «Научно практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству»,
г. Жодино, Республика Беларусь
e-mail: belniig@tut.by

²РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: belagromeh.by

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ЗАМЕНИТЕЛЕЙ ЦЕЛЬНОГО МОЛОКА НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ТЕЛЯТ

Аннотация: Включение в рацион телят заменителей обезжиренного молока, содержащих 22 и 20 % протеина оказывает положительное влияние на поедаемость кормов и способствует усилению окислительно-восстановительных процессов: повышается содержание эритроцитов в крови на 3,2–4,0 %, глюкозы - на 2,1–4,6 %; общего белка – на 3,1–3,3 % при снижении мочевины на 3,9–5,2 %; обеспечивает увеличение среднесуточных приростов на 3,1 % при уменьшении кормовых затрат до 1,5 %; является наиболее эффективным для телят старше 65-дневного возраста.

Ключевые слова: бычки, ЗОМ, комбикорм, КР-2, рацион, кровь, продуктивность, себестоимость

V. F. Radchikov², V. I. Perednya², E. L. Zhilich², D. V. Zayats², G. V. Besarab², A. N. Kot², E. I. Prilovskaya²

¹RUE «SPC NAS of Belarus on animal husbandry»
Zhodino, Republic of Belarus
e-mail: belniig@tut.by

²RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»
Minsk, Republic of Belarus
e-mail: belagromeh.by

INFLUENCE OF THE COMPOSITION OF WHOLE MILK SUBSTITUTES ON THE PHYSIOLOGICAL STATE AND PRODUCTIVITY OF CALVES

Abstract: The inclusion in the calves' diet of skimmed milk substitutes containing 22 and 20 % protein has a positive effect on feed intake and contributes to the strengthening of redox processes: the content of red blood cells in the blood increases by 3.2-4.0 %, glucose-by 2.1 – 4.6 %, total protein by 3.1 – 3.3 % with a decrease in urea by 3.9–5.2 % and provides an increase in average daily gains by 3.1 % while reducing feed costs to 1.5 % and is most effective for calves older than 65 days of age.

Keywords: steers, ZOM, compound feed, KR-2, diet, blood, productivity, cost.

Введение

Для успешного молочного или мясного скотоводства важное значение имеет правильное выращивание телят. Только здоровые телята могут полностью использовать генетический потенциал для получения максимальной продуктивности [1, 2].

Обеспеченность животных высококачественными кормами является одним из основных определяющих показателей продуктивности, эффективности использования кормов и рентабельности производства продукции [3].

В молочный период, в качестве основных кормов, животным скармливают жидкие молочные корма, остальная часть рациона состоит из комбикормов-стартеров, сена или травяной резки [4]. Кормление телят раннего возраста должно обеспечивать рациональное сочетание полноценного питания по типу моногастричного животного при одновременном целенаправленном стимулировании развития функции преджелудков за счет растительных кормов [5].

Пока недостаточно развит рубец, а синтез микробного белка в преджелудках отсутствует или происходит очень слабо, телята должны получать корма с высокой биологической ценностью протеинов. В этот период практически невозможно обеспечить телят полноценным протеином без скармливания молока. С развитием преджелудков, источниками протеина становятся и разнообразные растительные корма.

В послемолочный период молодняк переводят на растительные корма. Основные задачи этого периода – формирование животных желательного типа– достижение высокой живой массы и упитанности во время убоя при выращивании на мясо [6].

В течение этого периода можно применять разные системы кормления: однотипное кормление в течение всего года, когда животным дают сбалансированный монокорм, состоящий из измельченных и смешанных (в заданных пропорциях) кормов разного вида; сезонное кормление с набором соответствующих кормов. Обычно программы кормления рассчитаны на использование 3-4 видов кормов с получением кормосмесей [7, 8, 14].

Основная часть

Цель работы: Изучить возможность и эффективность скармливания молодняку крупного рогатого скота комбикорма КР-2 с включением заменителей обезжиренного молока.

Материал и методика исследований: Для выполнения поставленной цели отобраны образцы кормов, используемых в кормлении животных (молочные корма, сено злаково-бобовое, сенаж разнотравный, комбикорма). Анализ химического состава кормов проводили по общепринятым методикам зоотехнического анализа. В кормах определяли: влагу по ГОСТ 13496.3-92; кальций, фосфор (ГОСТ 26570-95; 26657-97); общий азот (ГОСТ 13496.4-93), сырую клетчатку (13496.2-91), сырой жир (13492.15-97), сырую золу (26226-95), сухое и органическое вещество по методикам Е. Н. Мальчевская, Г. С. Миленькая, 1981.

Научно-хозяйственный опыт проведен в ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» Смолевичского района Минской области по схеме представленной в табл. 1.

Таблица 1. – Схема опыта

Группа	Количество животных в группе, голов	Продолжительность опыта, дней	Особенности кормления
I опытная	10	60	Основной рацион (ОР) – ЗЦМ, сено, сенаж+ комбикорм КР-2 с включением ЗОМ 1, содержащий 18 % протеина по массе
II опытная	10	60	ОР + комбикорм КР-2 с включением ЗОМ 2, содержащий 20 % протеина по массе
III опытная	10	60	ОР + комбикорм КР-2 с включением 10 % ЗОМ 3, содержащий 22 % протеина по массе

Для опыта был отобран молодняк крупного рогатого скота в возрасте 65 дней, живой массой 78,9–80,4 кг по 10 голов в каждой группе. Продолжительность исследований составила 60 дней.

Различия в кормлении заключались в том, что бычки опытных групп получали комбикорм КР-2 с разным количеством протеина в составе заменителей обезжиренного молока.

Основными кормами для молодняка являлись ЗЦМ, ЗОМ, комбикорм КР-2, сено злаково-бобовое, сенаж разнотравный.

В ходе исследований изучены следующие показатели: химический состав и питательность кормов; поедаемость кормов; морфо-биохимический состав крови; интенсивность роста; оплата корма продукцией.

Результаты исследований

В результате анализа рационов молодняка по фактически съеденным кормам, можно отметить, что комбикорма задавались нормированно, в связи с чем, бычки потребляли их одинаковое количество – 1,6 кг в день.

Различия в поедаемости сенажа, сена (табл. 2) привели к разному потреблению питательных веществ рационами животными, однако эти различия оказались незначительными.

Таблица 2. – Рационы подопытных бычков

Корма и питательные вещества	Группа		
	I	II	III
Комбикорм, кг	1,60	1,60	1,60
ЗЦМ, кг	0,44	0,44	0,44
Сенаж разнотравный, кг	2,1	2,2	2,3
Сено злаково-бобовое, кг	0,72	0,7	0,73
В рационе содержится:			
кормовых единиц	3,26	3,28	3,31
обменной энергии, <i>МДж</i>	31,38	31,76	32,14
сухого вещества, г	3248,3	3273,6	3323,8
сырого протеина, г	442,6	447,3	451,8
переваримого протеина, г	339,9	343,5	346,9
сырого жира, г	185,6	186,6	188,1
сырой клетчатки, г	202,7	205,7	215,0
крахмала, г	307,2	309,0	311,0
сахара, г	329,5	331,0	334,0
кальция, г	31,1	31,2	31,6
фосфора, г	17,4	17,5	17,6
магния, г	2,4	2,6	2,6
калия, г	20,0	20,8	21,1
серы, г	6,3	6,3	6,4
железа, мг	180,1	181,9	184,4
меди, мг	12,7	11,5	11,9
цинка, мг	124,2	125,4	127,3
марганца, мг	137,5	138,0	141,1
кобальта, мг	3,0	3,0	3,0
йода, мг	1,0	1,1	1,1
каротина, мг	87,7	90,0	93,3
витамина D, тыс. ME	3,2	3,2	3,3
витамина E, мг	101,3	101,5	101,8

Включение в рационы заменителя обезжиренного молока содержащего 18, 20 и 22 % протеина в составе комбикормов КР-2 оказало положительное влияние на потребление корма.

В рационах содержалось 3,26–3,31 корм. ед., где на 1 кг сухого вещества приходилось 1,0–1,03 корм. ед. Установлено, что в рационах всех групп в расчете на 1 корм. ед. приходилось 105 г переваримого протеина.

По концентрации обменной энергии в опытных группах существенных различий не установлено, количество её колебалась в пределах 103–104 *МДж* в 1 кг сухого вещества, содержание сырого протеина находилось в пределах 442,6–451,8 граммов.

Для нормального протекания процессов пищеварения, необходимо обеспечить животных оптимальным количеством клетчатки (в возрасте до 3-х месяцев – 6–12 %). В наших исследованиях содержание ее в сухом веществе составило 6,2–6,5 %. В группах отношение кальция к фосфору находилось на уровне 1,78–1,79:1, что является оптимальным для этих элементов. Наиболее благоприятное отношение кальция к фосфору в рационах бычков для максимального использования в организме считалось 1,3–2,0:1.

Исследованиями установлено, что в крови бычков II и III опытных групп произошло увеличение содержания эритроцитов на 3,2 и 4,0 %, а гемоглобина – на 3,1 и 3,3 % – по сравнению с аналогами из I группы. Отмечена тенденция к увеличению содержания лейкоцитов (опытных групп II и III), которая объясняется повышением защитных свойств организма, по отношению к животным I группы – этот показатель увеличился на 6,8 и 9,2 % (табл. 3).

Таблица 3. – **Морфо-биохимический состав крови подопытных животных**

Показатель	Группа		
	I	II	III
Гемоглобин, г/л	99,7±0,85	101±0,63	103,0±0,64
Эритроциты, 10 ¹² /л	5,95±0,59	6,14±0,57	6,19±0,33
Лейкоциты, 10 ⁹ /л	8,22±0,37	8,78±0,49	8,98±0,23
Кислотная емкость, мг%	453±9,01	458±5,36	480±7,43
Мочевина, ммоль/л	4,43±0,11	4,37±0,17	4,2±0,19
Глюкоза, ммоль/л	2,80±0,33	2,86±0,43	2,93±0,37
Общий белок, г/л	79,7±1,99	82,2±2,03	82,3±2,11
Кальций, ммоль/л	2,85±0,12	2,93±0,34	2,99±0,37
Фосфор, ммоль/л	1,68±0,36	1,70±0,32	1,72±0,39

Использование в кормлении телят ЗОМ 2 и ЗОМ 3 способствовало некоторому усилению углеводного обмена, на что указывает концентрация глюкозы в крови на 2,1 и 4,6 % по отношению к I опытной группе.

Кислотная емкость крови всего опытного молодняка находилась в пределах 453–480 мг. Это свидетельствует о том, что в организме животных имеются достаточные резервы для нормализации процессов обмена.

По количеству белка можно судить о протеиновой полноценности рациона. В результате опыта установлено повышение его концентрации в крови бычков II и III опытных групп на 3,1 и 3,3 % в сравнение с I группой.

Об интенсивности белкового обмена свидетельствует концентрация мочевины. В наших исследованиях, в крови опытных животных, ее количество находилось в пределах 4,2–4,4 ммоль/л. У бычков I и II опытных групп содержание мочевины оказалось ниже на 5,2 и 3,9 % в сравнение с III.

В сыворотке крови животных II и III опытных групп установлено увеличение содержания кальция и фосфора по отношению к I группе на 2,8 и 4,9 % и на 1,1 и 2,3 %, соответственно.

В результате исследований установлено, что бычки III опытной группы (табл. 4) росли более интенсивно, чем животные из I группы, получавшие с рационом заменитель обезжиренного молока, содержащий 18 % протеина. За период опыта они увеличили свою массу на 50,4 кг, что на 3,1 % больше, чем их сверстники из I группы. Среднесуточный прирост бычков опытных групп повысился с 815 г до 840 г или 2,0 и 3,1 %.

Таблица 4. – **Живая масса и среднесуточный прирост**

Показатель	Группа		
	I	II	III
Живая масса, кг:			
в начале опыта	80,4±0,84	79,7±0,38	78,9±0,95
в конце опыта	129,3±1,31	129,1±1,52	129,3±2,31
Валовой прирост, кг	48,9±1,38	49,4±1,53	50,4±2,91
Среднесуточный прирост, г	815±23,79	823,3±25,31	840,0±26,38
% к I группе	97,0	98,0	100,0

Важным показателем выращивания животных являются затраты кормов на получение продукции.

Исследованиями установлено, что на 1 кг прироста опытный молодняк затрачивал 3,94–4,0 кормовых единиц. Самый низкий расход кормов оказался у животных III группы, в рационы которых входил ЗОМ 3 с содержанием 22 % протеина и составил 3,94 корм. ед., что на 1,1 % меньше, чем во II группе и на 1,5 %, чем в I группе (рис.).

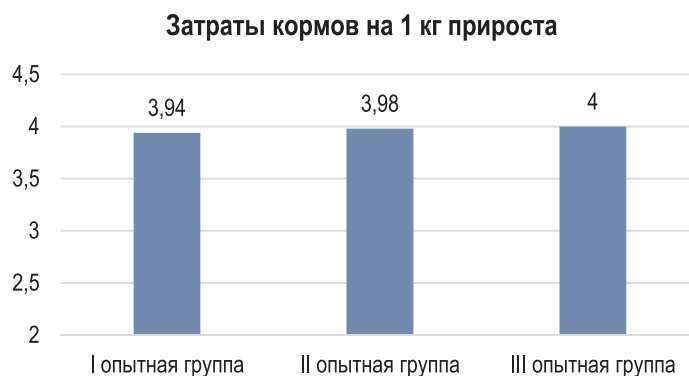


Рис. – Затраты кормов на 1 кг прироста, корм. ед.

Анализ полученных данных показал, что стоимость рационов во II и III опытных группах оказалась ниже на 1,2–2,3 %, в результате себестоимость получения прироста в III опытной группе была ниже на 0,9 % по сравнению с аналогами I и II группы. У молодняка I и II опытных групп себестоимость на 1 кг прироста живой массы оказалась одинаковой и составила 3,55 рублей.

Заключение

Включение в рацион телят заменителей обезжиренного молока, содержащих 22 и 20 % протеина, оказывает положительное влияние на поедаемость кормов и способствует усилению окислительно-восстановительных процессов: повышается содержание эритроцитов в крови на 3,2–4,0 %; глюкозы – на 2,1–4,6 %; общего белка – на 3,1–3,3 % – это при снижении мочевины на 3,9–5,2 %; обеспечивает увеличение среднесуточных приростов на 3,1 % – при уменьшении затрат кормов до 1,5 процента; является наиболее эффективным для телят старше 65-дневного возраста.

Список использованных источников

1. Богданович, Д.М. Кремнезёмистые и карбонатные сапропели в рационах молодняка крупного рогатого скота / Д.М. Богданович // В сборнике: Модернизация аграрного образования : интеграция науки и практики. Сборник научных трудов по материалам V Международной научно-практической конференции. 2019. – С. 216–219.
2. Богданович, Д.М., Разумовский Н.П. Переваримость, использование питательных веществ и продуктивность молодняка крупного рогатого скота при скармливании биологически активной добавки / Д.М. Богданович, Н.П. Разумовский // Селекционно-генетические и технологические аспекты производства продуктов животноводства, актуальные вопросы безопасности жизнедеятельности и медицины. Материалы международной научно-практической конференции посвященной 90-летию юбилею биотехнологического факультета. 2019. – С. 13–23.
3. Богданович, Д.М., Разумовский, Н.П. Эффективность включения в рацион бычков новой кормовой добавки / Д.М. Богданович, Н.П. Разумовский // Селекционно-генетические и технологические аспекты производства продуктов животноводства, актуальные вопросы безопасности жизнедеятельности и медицины. Материалы международной научно-практической конференции посвященной 90-летию юбилею биотехнологического факультета. 2019. – С. 75–80.
4. Петрушко, Е.В., Богданович, Д.М. // Качественная характеристика молока коз-продуцентов рекомбинантно-го лактоферрина человека третьего и четвертого года лактации / Е.В. Петрушко, Д.М. Богданович // В сборнике : Перспективные аграрные и пищевые инновации. Материалы Международной научно-практической конференции. Под общей редакцией И.Ф. Горлова. 2019. – С. 161–166.
5. Богданович, Д.М., Разумовский, Н.П. Эффективность скармливания телятам кормовой добавки «ПМК»/ Д.М. Богданович, Н.П. Разумовский // Научные основы производства и обеспечения качества биологических препа-

ратов для АПК. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию института. Под редакцией А. Я. Самуйленко. 2019. – С. 401–405.

6. Богданович, Д.М., Разумовский, Н. П. Физиологическое состояние и продуктивность бычков в зависимости от количества протеина в рационе / Д.М. Богданович, Н. П. Разумовский // Социально-экономические и экологические аспекты развития Прикаспийского региона. Материалы Международной научно-практической конференции. 2019. – С. 197–202.

7. Разумовский, Н.П., Богданович, Д.М. Обмен веществ и продуктивность бычков при разном количестве нерасщепляемого протеина в рационе / Н. П. Разумовский, Д. М. Богданович // В сборнике : научное обеспечение животноводства Сибири. Материалы III международной научно-практической конференции. 2019. – С. 225–228.

8. Ганущенко, О.Ф. Эффективность новых заменителей цельного молока при выращивании телят / О. Ф. Ганущенко // Зоотехническая наука Беларуси. 2010. Т. 45. № 2. – С. 35–43.

9. Пайтеров, С.Н., Богданович, Д. М. Эффективность применения раствора мелоксикама в трансплантации эмбрионов крупного рогатого скота / Пайтеров С.Н., Богданович Д.М. // Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства. Материалы национальной научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня рождения Заслуженного работника высшей школы РФ, Почетного профессора Брянской ГСХА, доктора ветеринарных наук, профессора А. А. Ткачева. 2018. – С. 119–122.

10. Пайтеров, С.Н., Богданович, Д. М. эффективность использования дексаметазона при криоконсервировании эмбрионов крупного рогатого скота / Пайтеров С.Н., Богданович Д.М. // Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства. Материалы национальной научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня рождения Заслуженного работника высшей школы РФ, Почетного профессора Брянской ГСХА, доктора ветеринарных наук, профессора А. А. Ткачева. 2018. – С. 123–126.

11. Ганущенко, О. Ф. Эффективность использования новых variabelно-возрастных видов заменителей цельного молока при выращивании телят / О. Ф. Ганущенко, Л. С. Боброва, В. В. Славецкий // Зоотехническая наука Беларуси. 2012. Т. 47. № 2. – С. 31–40.

12. Цай, В.П. Использование разных количеств лактозы в рационах молодняка крупного рогатого скота / Цай В.П., Радчикова Г.Н., Бесараб Г.В., Приловская Е.И. // Научное обеспечение животноводства Сибири. Материалы III международной научно-практической конференции. 2019. – С. 278–282.

13. Яковчик, С.Г. Новый концентрат в составе заменителей цельного молока при выращивании телят / С.Г. Яковчик, О. Ф. Ганущенко // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. 2011. № 4. – С. 89–94.

14. Ганущенко О., Заготовка и использование зерносилоса из вико-овсяных смесей / О. Ганущенко, И. Пахомов, Н. Разумовский // Молочное и мясное скотоводство. 2004. № 8. – С. 13–14.

**В. И. Передня¹, В. Ф. Радчиков², Е. Л. Жилич¹, Д. В. Заяц¹, А. Н. Кот¹, В. П. Цай¹,
А. М. Антонович¹**

¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: belagromeh.by

²РУП «Научно практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству»,
г. Жодино, Республика Беларусь
e-mail: belniig@tut.by

ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАМЕНИТЕЛЕЙ ЦЕЛЬНОГО МОЛОКА ПО САХАРУ

Аннотация: Установлено, что включение ЗЦМ 1 и ЗЦМ 2 телятам I и II опытных групп оказывает положительное влияние на потребление кормов, гематологические показатели, выразившиеся в увеличении среднесуточных приростов живой массы, снижение затрат на производство и себестоимость продукции.

Ключевые слова: бычки, ЗЦМ, рационы, кровь, продуктивность, экономическая эффективность.

V. I. Perednya¹, V. F. Radchikov¹, E. L. Zhilich¹, D. V. Zayats¹, A. N. Kot², V. P. Tsai², A. M. Antonovich²

¹RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»
Minsk, Republic of Belarus
e-mail: belagromeh.by

²RUE «SPC NAS of Belarus on animal husbandry»
Zhodino, Republic of Belarus
e-mail: belniig@tut.by

SUGAR OPTIMIZATION OF WHOLE MILK SUBSTITUTE

Abstract: It was found that the inclusion of ZCM 1 and ZCM 2 in calves of experimental groups I and II has a positive effect on feed consumption, hematological indicators, which are expressed in an increase in average live weight gains, reducing production costs and its cost.

Keywords: calves, milk, replacer, rations, blood, productivity, economic efficiency.

Введение

Важной задачей, стоящей перед скотоводством, является получение здорового, хорошо развитого молодняка, имеющего высокие темпы роста, способного эффективно использовать кормовые средства [1, 2].

Превалирующим показателем, определяющим продуктивность животных, эффективность использования кормов и рентабельность производства продукции, является кормовой фактор [3, 4]. С увеличением продуктивности значительно возрастают требования к питательной ценности кормов и их способности удовлетворять потребности животных в необходимых для полноценного здоровья и набора веса веществах [5]. Количество и качество получаемой продукции напрямую связано с уровнем кормления. При этом значительно возрастают требования к качественному рациону и его способности удовлетворять потребности животных в питательных веществах [6, 7].

Для получения высокой продуктивности рационы животных должны разрабатываться на основе уточненных детализированных норм кормления с учетом химического состава и питательности кормов [8]. В то же время по ряду позиций существующие нормы требуют дальнейшего совершенствования и уточнения. Это касается потребности животных в углеводах [9, 10].

При выращивании молодняка крупного рогатого скота необходимо свести до минимума расход цельного молока. Для этого в кормлении используются различные молочные заменители, зерновые смеси и другие кормовые добавки, обеспечивающие нормальный рост и развитие телят [11].

Скармливание заменителей цельного молока с самого раннего возраста необходимо для обеспечения телят высококачественными концентрированными кормами, удовлетворяющими потребности во всех питательных веществах. Однако это требует, чтобы они по питательности были эквивалентны цельному молоку.

Использование в кормлении телят высококачественных заменителей цельного молока позволяет сократить и срок выпойки молока до 7–15 дней, и ограничить его количество до 5–6 кг на голову в сутки и к 2-х месячному возрасту полностью исключить жидкие молочные корма из их рациона [12, 13].

В молочных железах животных вырабатывается молочный сахар, необходимый для телят в первые месяцы после рождения. Его содержание в молоке достигает 4 %. Лактоза хорошо усваивается в организме молодняка животного раннего (трех-четырёх недельного) возраста и поэтому может быть использована в заменителях цельного молока, принося больше пользы, чем тростниковый сахар. Лактоза может использоваться и в комбикормах-престартерах из расчета 4–5 % для поросят и телят. У взрослых животных лактоза всасывается хуже, чем сахароза, поэтому она почти вся разлагается микрофлорой [14, 9-14].

Основная часть

Цель работы: Определить нормы ввода молочного сахара в заменители цельного молока телят в возрасте 10–30 дней и изучить влияние скармливания их на эффективность выращивания молодняка.

Задачи исследований:

- изучить химический состав и питательность кормов, используемых в кормлении опытного молодняка;
- разработать заменители цельного молока с различными нормами молочного сахара для телят в возрасте 10–30 дней;
- определить зоотехническую и экономическую эффективность использования ЗЦМ для телят в возрасте 10–30 дней.

Материал и методика исследований: Для проведения научно-хозяйственного опыта сформировано три группы бычков по принципу пар-аналогов в возрасте 10 дней с начальной живой массой 45,5–45,8 кг в течение 20 дней (табл. 1).

Таблица 1. – Схема исследований

Группа	Количество животных, голов	Возраст на начало опыта, дней	Продолжительность опыта, дней	Характеристика кормления
I	10	10	20	ОР – комбикорм КР-1, овес + ЗЦМ 1, с включением 35 % молочного сахара (лактозы) по массе
II	10	10	20	ОР + ЗЦМ 2 с включением 40 % лактозы по массе
III	10	10	20	ОР + ЗЦМ 3 с включением 45 % лактозы по массе

Условия содержания опытных животных были одинаковыми: кормление двукратное, ЗЦМ приготавливался перед каждой выпойкой в соотношении 1:9. Различия заключались в том, что опытным животным выпаивали ЗЦМ с различным количеством молочного сахара.

При проведении исследований использованы зоотехнические, биохимические и математические методы анализа и изучены следующие показатели:

- химический состав и питательность кормов – путем общего зоотехнического анализа;
- расход кормов – проведением контрольного кормления один раз в 10 дней за два смежных дня путем взвешивания заданных кормов и несъеденных остатков;
- живая масса – путем индивидуального взвешивания животных в начале и в конце опыта;
- гематологические показатели: в цельной крови определены содержание эритроцитов, лейкоцитов, тромбоцитов, гематокрита и гемоглобина – прибором Medonic CA620; в сыворотке крови – общий белок, мочевины, глюкоза – прибором CORMAY LUMEN; кальций, фосфор – прибором CORMAY LUMEN;
- экономическая эффективность.

Результаты исследований

Основными ингредиентами заменителей цельного молока (ЗЦМ) для телят I опытной группы были: молочные белки (СОМ) – 43 %; растительные белки (соевый протеин) – 24 %; сывороточно-жировой концентрат – 32 %; витаминно-минеральный комплекс, пробиотическая культура – 10 %.

Во II опытной группе скармливали (ЗЦМ 2): молочного белка – 34 %; растительного белка – 25 %; сывороточно-жировой концентрат – 32 %; лактозы пищевой измельченной – 8 %; витаминно-минерального комплекса – 1 %.

Для телят III группы (ЗЦМ 3) использовали: молочные белки – 21 %; растительные белки – 27 %; сывороточно-жировой концентрат – 32 %; лактоза пищевая измельченная – 19 %; витаминно-минеральный комплекс – 1 %.

В 1 кг молочного продукта содержалось обменной энергии 16,6 МДж, сырого белка – 200 г, клетчатки – 15 г, сырого жира – 160 г, лактозы – 350–450 г.

В состав основного рациона для бычков, в научно-хозяйственном опыте, при изучении влияния разного содержания количества скармливаемой лактозы в составе ЗЦМ, входили: комбикорм КР-1 и овес. В структуре среднесуточного фактического рациона кормления телят комбикорм занимал 16,8–17,5 %, овес – 8,6–9,6 %, молочные корма – 73,0–74,6 %.

В рационах бычков опытных групп содержалось 2,23–2,26 корм. ед. Концентрация обменной энергии в сухом веществе рациона опытных животных составила 20,8–21,7 МДж. С кормами опытные группы потребили 12,2–12,6 г переваримого протеина в расчете на 1 МДж обменной энергии.

На 1 кг сухого вещества рациона в опытных группах приходилось 189,6–194,7 г сырого жира. На содержание сахара в сухом веществе приходилось около 17,4–18,2 %. Кальциево-фосфорное отношение составило 1,7–1,72:1.

Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что в большинстве гематологические показатели характеризовались индивидуальной изменчивостью, зависящей в разной степени, как от условий кормления, так и от роста и развития телят. Показатели большинства метаболитов находились в области вероятных значений, лишь некоторые из них отклонялись за допустимые пределы в ту или иную сторону.

Исследованиями установлено, что в крови бычков II опытной группы произошло увеличение количества эритроцитов на 2,7 и 3,2 %, лейкоцитов – на 2,5 и 3,3 % по сравнению с аналогами I и III группы.

Включение в рацион телят опытных ЗЦМ – не оказало существенного влияния на их продуктивность (табл. 2).

Полученные данные свидетельствуют о том, что выращивание бычков на заменителях цельного молока 1, 2, 3 с нормой ввода 35, 40 и 45 % лактозы, способствовало получению среднесуточных приростов на уровне 618 г, 637,1 и 606,5 г соответственно. При этом лучшие результаты отмечены у животных, потреблявших ЗЦМ 1 и 2 с включением 35 и 40 % лактозы по массе в их составе, превосходившие своих опытных сверстников из III группы на 1,9 и 5,0 % соответственно.

Затраты кормов на получение среднесуточных приростов у животных I и II опытных групп снизились в сравнении с III опытной группой при этом отмечено, что у телят II группы этот показатель уменьшился на 5,1 %, I – 0,8 %.

Таблица 2. – Изменение живой массы и среднесуточных приростов

Показатель	Группа		
	I	II	III
Живая масса, кг			
в начале опыта	45,50±1,15	45,60±1,21	45,80±1,34
в конце опыта	57,86±2,17	58,34±1,99	57,93±1,84
Валовый прирост, кг	12,36±1,25	12,74±1,57	12,13±1,44
Среднесуточный прирост, г	618,0±21,31	637,1±20,69	606,5±19,75
Затраты кормов на 1 кг прироста, корм. ед.	3,66	3,50	3,69

Эффективность выращивания животных во многом зависит от себестоимости получаемой продукции. Чем ниже себестоимость, тем эффективнее производство и конкурентоспособность.

При анализе полученных данных установлено, что стоимость суточного рациона бычков, в состав которого вводили 35 и 40 % молочного сахара, оказалось ниже на 18,4 и 25,8 % по сравнению с аналогами из III группы, потреблявшими 45 % молочного сахара. Это связано, по-видимому, с более дорогостоящим ЗЦМ (табл. 3).

Таблица 3. – Экономические показатели выращивания телят

Показатель	Группа		
	I	II	III
Стоимость ЗЦМ, руб./кг	2,30	2,62	3,28
Стоимость суточного рациона, руб./гол.	2,02	2,22	2,72
Себестоимость 1 корм. ед., руб.	0,89	0,99	1,21
Стоимость кормов на 1 кг прироста, руб.	3,27	3,48	4,49

Включение в состав рациона ЗЦМ 1 и ЗЦМ 2 телятам из I и II опытных групп показало снижение себестоимости прироста на 27,1 и 22,5 % по отношению к III группе (рис.).

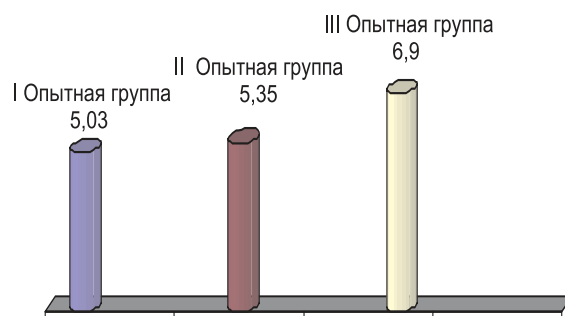


Рис. – Себестоимость 1 кг прироста, руб.

Заключение

Включение в рацион телят заменителей цельного молока с содержанием 35 и 40 % молочного сахара оказывает положительное влияние на физиологическое состояние животных, способствует повышению среднесуточного прироста живой массы на 1,9 и 5,0 %, при снижении затрат кормов на получение прироста до 5,1 %, себестоимости прироста – на 27,1 и 22,5 %.

Список использованных источников

1. Богданович, Д.М. Кремнезёмистые и карбонатные сапропели в рационах молодняка крупного рогатого скота / Д.М. Богданович // В сборнике: Модернизация аграрного образования : интеграция науки и практики. Сборник научных трудов по материалам V Международной научно-практической конференции. 2019. – С. 216–219.
2. Богданович, Д.М., Разумовский, Н.П. Эффективность включения в рацион бычков новой кормовой добавки / Д.М. Богданович, Н.П. Разумовский // Селекционно-генетические и технологические аспекты производства продуктов животноводства, актуальные вопросы безопасности жизнедеятельности и медицины. Материалы международной научно-практической конференции посвященной 90-летию юбилею биотехнологического факультета. 2019. – С. 75–80.
3. Петрушко, Е.В., Богданович, Д.М. // Качественная характеристика молока коз-продуцентов рекомбинантного лактоферрина человека третьего и четвертого года лактации / Е.В. Петрушко, Д.М. Богданович // В сборнике : Перспективные аграрные и пищевые инновации. Материалы Международной научно-практической конференции. Под общей редакцией И. Ф. Горлова. 2019. – С. 161–166.
4. Богданович, Д.М., Разумовский, Н.П. Физиологическое состояние и продуктивность бычков в зависимости от количества протеина в рационе / Д.М. Богданович, Н.П. Разумовский // Социально-экономические и экологические аспекты развития Прикаспийского региона. Материалы Международной научно-практической конференции. 2019. – С. 197–202.

5. Разумовский, Н.П., Богданович, Д. М. Обмен веществ и продуктивность бычков при разном количестве нерасщепляемого протеина в рационе / Н.П. Разумовский, Д. М. Богданович // В сборнике : научное обеспечение животноводства Сибири. Материалы III международной научно-практической конференции. 2019. – С. 225–228.
6. Богданович, Д.М., Разумовский, Н.П. Переваримость, использование питательных веществ и продуктивность молодняка крупного рогатого скота при скармливании биологически активной добавки / Д.М. Богданович, Н.П. Разумовский // Селекционно-генетические и технологические аспекты производства продуктов животноводства, актуальные вопросы безопасности жизнедеятельности и медицины. Материалы международной научно-практической конференции посвященной 90-летию юбилею биотехнологического факультета. 2019. – С. 13–23.
7. Богданович, Д.М., Разумовский, Н.П. Эффективность скармливания телятам кормовой добавки «ПМК» / Д.М. Богданович, Н.П. Разумовский // 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. 401–405.
8. Натынчик, Т.М., Натынчик, Г.Г. Инновационные подходы в подготовке кормов к скармливанию для крупного рогатого скота / Т.М. Натынчик, Г.Г. Натынчик // Биотехнология : достижения и перспективы развития. Сборник материалов I Международной научно-практической конференции. 2014. – С. 93–96.
9. Кот, А.Н., Бесараб, Г.В., Антонович, А. М. Влияние «защиты» протеина на эффективность использования корма молодняком крупного рогатого скота / А.Н. Кот, Г.В. Бесараб, А.М. Антонович // 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» ; Составители : Л.В. Ефимова, Т.В. Зазнобина. 2018. – С. 148–152.
10. Антонович, А.М., Бесараб, Г.В. Комбикорма с экструдированным люпином для молодняка крупного рогатого скота / А.М. Антонович, Г.В. Бесараб // Новые подходы к разработке технологий производства и переработки сельскохозяйственной продукции. Материалы международной научно-практической конференции. Под общ. ред. И.Ф. Горлова. 2018. – С. 72–76.
11. Радчиков, В.Ф. Микроэлементы в органической форме в кормлении молодняка крупного рогатого скота / В.Ф. Радчиков [и др.] // В сборнике : Инновационные технологии в сельском хозяйстве, ветеринарии и пищевой промышленности. Сборник научных статей по материалам 82-й Международной научно-практической конференции. 2017. – С. 197–202.
12. Цай, В.П. Использование разных количеств лактозы в рационах молодняка крупного рогатого скота / Цай, В.П., Радчикова, Г.Н., Бесараб, Г.В., Приловская, Е.И. // Научное обеспечение животноводства Сибири. Материалы III Международной научно-практической конференции. 2019. С. 278–282.
13. Ганущенко, О.Ф. Эффективность использования новых вариabельно-возрастных видов заменителей цельного молока при выращивании телят / О.Ф. Ганущенко, Л.С. Боброва, В.В. Славецкий // Зоотехническая наука Беларуси. 2012. Т. 47. № 2. – С. 31–40.
14. Эффективность скармливания молочного сахара в составе заменителей цельного молока для телят / Радчикова, Г.Н., Сапсалёва, Т.Л., Приловская, Е.И., Ярошевич, С.А., Богданович, И.В., Натынчик, Т.М., Шевцов, А.Н., Будько, В.М., Пиллюк, С.Н., Разумовский, С.Н. // Зоотехническая наука Беларуси. 2019. Т. 54. № 2. – С. 75–82.

**Е. Л. Жилич¹, В. И. Передня¹, Д. В. Заяц¹, В. Ф. Радчиков², А. Н. Кот², В. П. Цай²,
Т. Л. Сапсалёва²**

¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: belagromeh.by

²РУП «Научно практический центр Национальной академии наук
Беларуси по животноводству», г. Жодино, Республика Беларусь
e-mail: belniig@tut.by

НОРМИРОВАНИЕ РАЦИОНОВ МОЛОДНЯКА МЯСНЫХ ПОРОД КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

Аннотация: Среди многочисленных факторов внешней среды, влияющих на животный организм, главенствующая роль принадлежит кормлению. Чтобы удовлетворить всё возрастающий спрос населения на высококачественные мясные продукты, необходимо обеспечить высокий темп увеличения производства мяса в стране при одновременном росте поголовья всех животных. Кормление является обязательным условием поддержания нормальной репродуктивной способности и, наконец, оно оказывает решающее влияние на продуктивность животных и качество получаемой продукции. В результате наших исследований, разработан состав комбикорма-концентрата для бычковабердин-ангусской породы с оптимальным содержанием обменной энергии, сырого протеина, жира, сахара, обеспечивающий полноценность рационов по питательным, минеральным и биологически активным веществам, а также рационы с повышенным содержанием концентратов, с учетом химического состава кормов для бычков абердин-ангусской породы в зависимости от возраста и живой массы, позволяющие получать среднесуточные приросты молодняка в возрасте 15–16 месяцев 1011 г, 11–14 месяцев – 1451 г, 10–11 месяцев – 973 г при затратах кормов 13,1 корм. ед., 7,8 и 10,1 корм. ед. соответственно.

Ключевые слова: корма, бычки, структура рациона, возраст, среднесуточный прирост.

E. L. Zhilich¹, V. I. Perednya¹, D. V. Zayats¹, V. F. Radchikov², A. N. Kot², B. P. Tsai², T. L. Sapsaleva²

¹RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»
Minsk, Republic of Belarus
e-mail: belagromeh.by

²RUE «SPC NAS of Belarus on animal husbandry»
Zhodino, Republic of Belarus
e-mail: belniig@tut.by

RATIONING OF RATIONS OF YOUNG MEAT BREEDS OG CATTLE

Abstract: Among the numerous environmental factors that affect the animal body, the main role belongs to feeding. To meet the growing demand of the population for high-quality meat products, it is necessary to ensure a high rate of increase in meat production in the country while simultaneously increasing the number of all animals. Feeding is a prerequisite for maintaining normal reproductive capacity and, finally, it has a decisive impact on the productivity of animals and the quality of products received. As a result of our research, the composition of compound feed-concentrate for Aberdeen-Angus bulls with an optimal content of metabolic energy, raw protein, fat, sugar, ensuring the fullness of diets for nutritious, mineral and biologically active substances, as well as diets with an increased content of concentrates, taking into account the chemical composition of feed for Aberdeen-Angus bulls depending on age and body weight, allowing you to get average daily growth of young animals at the age of 15-16 months 1011 g, 11-14 months-1451 g, 10-11 months – 973 g at feed costs of 13.1 feed units, 7.8 and 10.1 feed units, respectively.

Keywords: feed, steers, diet structure, age, average daily growth.

Введение

Повышение эффективности использования кормов является первостепенной задачей рационального кормления крупного рогатого скота. Это достигается путем улучшения переваримости

питательных веществ, уменьшения потерь азота и более экономного расходования переваримой и обменной энергии при содержании животных на рационах сбалансированных по протеину, минеральным веществам и витаминам [1–5].

Чем выше продуктивность животных, тем лучше должна быть переваримость питательных веществ. Так, при кормлении молодняка крупного рогатого скота переваримость сухого вещества должна быть не менее 65 %. Чем выше продуктивность бычков, тем выше должна быть концентрация обменной энергии и протеина в сухом веществе рациона [6–9].

Наряду с необходимостью обеспечения сельскохозяйственных животных всеми питательными веществами первостепенная роль отводится энергетической ценности рационов, при этом эффективность использования обменной энергии зависит от доступности энергии корма [10, 11].

Сумму азотистых веществ кормов в зоотехнической практике принято обозначать как сырой протеин, который состоит из собственно протеинов (белков) и амидов – небелковые азотистые соединения [12, 13].

От количества и качества потребленного корма, а точнее количества и качества сухого вещества, которое представлено белком, углеводами, жирами и минеральными веществами в прямой зависимости находится продуктивность животных [14–18].

В последнее время большое значение придается проблеме получения высококачественной говядины с учетом мраморности, цвета и наружного жира от бычков мясных пород, в частности, абердин-ангусской породы, что и послужило целью исследований.

Основная часть

Цель работы – разработать рационы для молодняка крупного рогатого скота абердин ангусской породы.

Материал и методика исследований. В условиях СХК «Лясковичи» ГПУ «НП «Припятский» в 2013–2014 гг. проведен Научно-хозяйственный опыт по выращиванию молодняка крупного рогатого скота абердин-ангусской породы при использовании в рационах повышенного количества концентратов проведен на 3-х группах молодняка в возрасте 10–11 месяцев по 14 голов в каждой.

Исследования проведены по схеме, представленной в табл. 1.

Таблица 1. – Схема опыта

Группа	Количество животных, голов	Продолжительность опыта, дней	Особенности кормления
I опытная	14	15–1 мес.	Основной рацион (ОР) – комбикорм, кормосмесь, сено
II опытная	14	11–1 мес.	ОР
III опытная	14	10–1 мес.	ОР

Подопытные животные находилось в одинаковых условиях кормления и содержания. Кормление осуществлялось два раза в сутки. Различия при формировании подопытных групп заключались в том, что подбор бычков производится с учетом возраста и живой массы.

В процессе исследований использовались зоотехнические, биохимические, математические и экономические методы анализа.

Полученные экспериментальные данные обработаны на персональном компьютере с использованием статистического стандарта Microsoft Office Excel и метода биометрической обработки.

Результаты исследований

Исследованиями установлено, что в отобранных образцах комбикорма собственного производства содержание сухого вещества находилось на уровне 91,5, кормовых единиц – 1,17, обменной энергии – 11,08 МДж. На 1 кормовую единицу приходилось 129,1 переваримого протеина.

В кормосмеси содержалось 33,5 % сухого вещества с питательностью 0,17 кг кормовых единиц. Количество сырого протеина от сухого вещества корма составило 7,9 %. На каждую кормовую единицу приходилось 84,4 г переваримого протеина при содержании клетчатки 34,3 % от сухого вещества.

Для проведения исследований разработана рецептура комбикорма. Зерновая часть комбикорма состояла из фуражной пшеницы, тритикале и пшеничных отрубей. В состав комбикорма входили: соль поваренная – 1 %, мел кормовой – 1 %, монокальцийфосфат – 1,5 % и премикс ПКР-2 в количестве 1 % для оптимизации содержания минеральных и биологически активных веществ в рационах подопытного молодняка.

Таблица 2. – Состав и питательность комбикорма, %

Ингредиенты	Количество
Пшеница фуражная	30
Тритикале фуражный	35,5
Жмых рапсовый	10,0
Шрот подсолнечный	5,0
Отруби пшеничные	15,0
Мел мелкогранулированный	1,0
Монокальцийфосфат	1,5
Соль поваренная	1,0
Премикс ПКР-2	1,0
<i>В 1 кг содержится:</i>	
кормовых единиц	10,5
обменной энергии, МДж	10,37
сухого вещества, г	884
сырого протеина, г	145,6
сырой клетчатки, г	62,5
кальция, %	0,76
фосфора общего, %	0,82
хлорида натрия, %	1,06

В одном килограмме комбикорма содержалось 10,5 к.ед, 10,37 МДж обменной энергии, 884 г сухого вещества. 145,6 г сырого протеина. 62,5 г клетчатки.

Рацион для подопытных животных представлен средними показателями за опыт осенне-зимнего периода. В его структуре травяные корма занимали 30 %, концентраты – 70 %.

Поедаемость кормов бычками в зависимости от возраста (10–1 мес.) и живой массы (269 кг) была следующей: комбикорм – 6,0 кг, кормосмесь (сенаж и силос – 50:50 %) – 10 кг, сено многолетних трав – 0,95 кг. В возрасте молодняка 11–14 месяцев при живой массе 322 кг показатели были следующими: 6,5 кг; 8,0 и 0,45 кг соответственно, в возрасте животных 15–16 месяцев при живой массе 370 кг – 7,0 кг; 15,0 и 0,3 кг.

В результате проведенных исследований установлено, что за весь период опыта у животных в возрасте 15–16 мес. получено 184 кг валового прироста, в возрасте 11–14 мес. – 264 кг, в возрасте 10–11 мес. – 177 кг.

Таблица 3. – Изменение живой массы бычков

Показатель	Группа		
	I	II	III
<i>1</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
Живая масса, кг в начале опыта	370,4	322,0	269,0
Живая масса, кг на 20.12.13г. (101 к.дн.)	555,0	492,5	372,0
Живая масса, кг 3.02.14г. (150 к.дн.)	571,2	515,3	442,0
Живая масса, кг 11.03.14г. (182 к.дн.)	581,5	586,0	446,0
Валовой прирост, кг (на 20.12.13г)	184,6	170,5	103,0

Показатель	Группа		
	I	II	III
<i>I</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
Среднесуточный прирост, г на (20.12.13г)	1828	1688	1020
Затраты кормов на 1 кг прироста, к.ед.	7,22	6,7	10,4
Валовой прирост, кг (на 3.02.14г)	209,0	193,3	173,0
Среднесуточный прирост, г (на 3.02.14г)	1393	1287	1153
Затраты кормов на 1 кг прироста, к.ед.	9,47	8,8	9,2
Валовой прирост, кг (на 11.03.14г)	184,0	264,0	177,0
Среднесуточный прирост, г (на 21.03.14г)	1011	1451	973
Затраты кормов на 1 кг прироста, к.ед.	13,1	7,8	10,1

У молодняка в возрасте 15–16 месяцев среднесуточный прирост живой массы находился на уровне 1011 г, у животных в возрасте 11–14 месяцев – 1451 г, в III группе – 973 г.

В 16 месяцев интенсивность роста молодняка абердин-ангусской породы достигла повышенного предела и составила 1451 г.

На 1 кг прироста у бычков с 15 до 16 месяцев затраты кормов составили 13,1 корм. ед., в возрасте 11–14 мес. – 7,8 и в возрасте 10–11 месяцев – 10,1 корм. ед.

Заключение

Разработаны комбикорма-концентрата и рационы для молодняка абердин-ангусской породы в зависимости от возраста и живой массы, с повышенным содержанием концентратов с учетом химического состава кормов. Кормление животных новыми рационами позволяет получать среднесуточные приросты молодняка в возрасте 15–16 месяцев 1011 г, 11–14 месяцев – 1451 г, 10–11 месяцев – 973 г при затратах кормов 13,1 корм. ед., 7,8 и 10,1 корм. ед. соответственно.

Список использованных источников

1. Натынчик, Т.М. Обмен веществ и продуктивность молодняка крупного рогатого скота при снижении степени расщепления протеина в рубце / Натынчик Т.М. // Перспективные разработки молодых ученых в области производства и переработки сельскохозяйственной продукции. Сборник статей по материалам ежегодной всероссийской (национальной) конференции для студентов, аспирантов и молодых ученых. Редакционная коллегия: В.С. Скрипкин, В.И. Гузенко, Е.Н. Чернобай, А.А. Ходусов, О.В. Сычева, Т.И. Антоненко. 2019. – С. 112–119.
2. Пайтеров, С.Н., Богданович, Д.М. Эффективность использования дексаметазона при криоконсервировании эмбрионов крупного рогатого скота / Пайтеров С.Н., Богданович Д.М. / Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства. Материалы национальной научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня рождения Заслуженного работника высшей школы РФ, Почетного профессора Брянской ГСХА, доктора ветеринарных наук, профессора А.А. Ткачева. 2018. – С. 123–126.
3. Бесараб, Г.В. Эффективность разных способов подготовки зерна к скармливанию / Бесараб Г.В., Антонович А.М., Голубицкий В.А., Букас В.В., Карелин В.В., Куртина В.Н. // Актуальні питання технології продукції тваринництва. Збірник статей за результатами III Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції. Полтавська державна аграрна академія. 2018. – С. 123–127.
4. Радчикова, Г.Н. Нормирование лактозы в рационах телят в возрасте 30–60 дней / Радчикова Г.Н., Кот А.Н., Томчук В.А., Трокоз В.А., Карповский В.И., Данчук В.В., Брошков М.М., Куртина В.Н., Натынчик Т.М., Приловская Е.И. // Инновации в животноводстве – сегодня и завтра. Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству». Минск, , 2019. – С. 298–302.
5. Цай, В.П. Использование разных количеств лактозы в рационах молодняка крупного рогатого скота/ Цай В.П., Радчикова Г.Н., Бесараб Г.В., Приловская Е.И. // Научное обеспечение животноводства Сибири. Материалы III международной научно-практической конференции. 2019. – С. 278–282.
6. Богданович, Д.М., Разумовский, Н.П. Физиологическое состояние и продуктивность бычков в зависимости от количества протеина в рационе / Д.М. Богданович, Н.П. Разумовский // Социально-экономические и экологические аспекты развития Прикаспийского региона. Материалы Международной научно-практической конференции. 2019. – С. 197–202.

7. Радчикова, Г.Н. Эффективность скармливания молочного сахара в составе заменителей цельного молока для телят / Радчикова Г.Н., Сапсалёва Т.Л., Приловская Е.И., Ярошевич С.А., Богданович И.В., Натынчик Т.М., Шевцов А.Н., Бутько В.М., Пилюк С.Н., Разумовский С.Н. // Зоотехническая наука Беларуси. 2019. Т. 54. № 2. – С. 75–82.
8. Радчикова, Г.Н. Эффективность скармливания молочного сахара в составе заменителей цельного молока для телят / Радчикова Г.Н., Сапсалёва Т.Л., Приловская Е.И., Ярошевич С.А., Богданович И.В., Натынчик Т.М., Шевцов А.Н., Бутько В.М., Пилюк С.Н., Разумовский С.Н. // Зоотехническая наука Беларуси. 2019. Т. 54. № 2. – С. 75–82.
9. Разумовский, Н.П., Богданович, Д.М. Обмен веществ и продуктивность бычков при разном количестве нерасщепляемого протеина в рационе / Н.П. Разумовский, Д.М. Богданович // В сборнике: научное обеспечение животноводства Сибири. Материалы III международной научно-практической конференции. 2019. – С. 225–228.
10. Пайтеров, С.Н., Богданович, Д.М. Эффективность применения раствора мелоксикама в трансплантации эмбрионов крупного рогатого скота / Пайтеров С.Н., Богданович Д.М. // Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства. Материалы национальной научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня рождения Заслуженного работника высшей школы РФ, Почетного профессора Брянской ГСХА, доктора ветеринарных наук, профессора А.А. Ткачева. 2018. – С. 119–122.
11. Натынчик, Т.М., Натынчик, Г.Г. Инновационные подходы в подготовке кормов к скармливанию для крупного рогатого скота / Т.М. Натынчик, Г.Г. Натынчик // Биотехнология: достижения и перспективы развития. Сборник материалов I международной научно-практической конференции. 2014. – С. 93–96.
12. Богданович, Д.М. Кремнезёмистые и карбонатные сапропели в рационах молодняка крупного рогатого скота / Д.М. Богданович // В сборнике: Модернизация аграрного образования: интеграция науки и практики. Сборник научных трудов по материалам V Международной научно-практической конференции. 2019. – С. 216–219.
13. Натынчик, Т.М. Зависимость рубцового пищеварения и эффективности использования кормов молодняком крупного рогатого скота от степени измельчения зерна бобовых / Натынчик Т.М., Космович Е.Ю., Савенков О.И., Макаревич Я.В. // Биотехнология: достижения и перспективы развития. Сборник материалов III международной научно-практической конференции. Шебеко К.К. (гл. редактор). 2018. – С. 62–64.
14. Богданович, Д.М., Разумовский, Н.П. Переваримость, использование питательных веществ и продуктивность молодняка крупного рогатого скота при скармливании биологически активной добавки / Д.М. Богданович, Н.П. Разумовский // Селекционно-генетические и технологические аспекты производства продуктов животноводства, актуальные вопросы безопасности жизнедеятельности и медицины. Материалы международной научно-практической конференции посвященной 90-летию юбилею биотехнологического факультета. 2019. – С. 13–23.
15. Богданович, Д.М., Разумовский, Н.П. Эффективность скармливания телятам кормовой добавки «ПМК» / Д.М. Богданович, Н.П. Разумовский // 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. 401–405.
16. Антонович, А.М., Бесараб, Г.В. Комбикорма с экструдированным люпином для молодняка крупного рогатого скота / А.М. Антонович, Г.В. Бесараб // Новые подходы к разработке технологий производства и переработки сельскохозяйственной продукции. Материалы Международной научно-практической конференции. Под общ. ред. И.Ф. Горлова. 2018. – С. 72–76.
17. Богданович, Д.М., Разумовский, Н.П. Эффективность включения в рацион бычков новой кормовой добавки / Д.М. Богданович, Н.П. Разумовский // Селекционно-генетические и технологические аспекты производства продуктов животноводства, актуальные вопросы безопасности жизнедеятельности и медицины. Материалы международной научно-практической конференции посвященной 90-летию юбилею биотехнологического факультета. 2019. – С. 75–80.
18. Кот, А.Н. Повышение продуктивности молодняка крупного рогатого скота путём балансирования рационов за счёт кормовой добавки «Коубиотик энергия» / Кот А.Н., Цай В.П., Бесараб Г.В., Медведский В.А., Лемешевский В.О., Натынчик Т.М. // Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти Василия Матвеевича Горбатова. 2018. № 1. – С. 114–118.

**В. Ф. Радчиков², В. И. Передня², Е. Л. Жилич², Д. В. Заяц², Т. Л. Сапсалёва¹, Г. В. Бесараб²,
С. Н. Разумовский¹**

¹РУП «Научно практический центр Национальной академии наук
Беларуси по животноводству», г. Жодино, Республика Беларусь
e-mail: belniig@tut.by

²РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: belagromeh.by

КОРМОВАЯ ДОБАВКА ИЗ НЕТРАДИЦИОННОГО СЫРЬЯ В КОРМЛЕНИИ МОЛОДНЯКА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

Аннотация: Включение в рацион молодняка крупного рогатого скота кормовой добавкой на основе обогащённого белком верхового торфа в количестве 7 % по массе в составе комбикорма, или 200 г на голову в сутки, обеспечивает улучшение переваримости сухого и органического вещества на 1,6–1,8 %, протеина – на 1,4, клетчатки – на 2,6, БЭВ – на 1,4 %, что позволяет сэкономить 12–19 % зерна, получить среднесуточные приросты живой массы на уровне 894–903 г при затратах кормов 7,8–7,9 корм. ед. на 1 кг прироста живой массы.

Ключевые слова: бычки, рационы, кормовая добавка, рубцовое пищеварение, продуктивность, себестоимость.

V. F. Radchikov¹, V. I. Perednya², E. L. Zhilich², D. V. Zayats², T. L. Sapsaleva¹, G. V. Besarab¹, S. N. Razumovsky¹

¹RUE «SPC NAS of Belarus on animal husbandry»
Zhodino, Republic of Belarus
e-mail: belniig@tut.by

²RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»
Minsk, Republic of Belarus
e-mail: belagromeh.by

FEED ADDITIVE FROM UNCONVENTIONAL RAW MATERIALS IN FEEDING YOUNG CATTLE

Abstract: Inclusion in the diet of young cattle feed additive on the basis of protein-enriched top peat in the amount of 7 % by mass in the composition of feed, or 200 g per head per day, improves the digestion of dry and organic matter by 1.6–1.8 %, protein by 1.4, fiber by 2.6, BEV by 1.4 %, which saves 12–19 % of grain, and receives average daily live weight gains of 894–903 g with feed costs of 7.8–7.9 p. Units 1kg of live weight gain.

Keywords: bulls, rations, feed additive, chopping, productivity, cost.

Введение

В повышении продуктивности животных большое значение имеет обогащение рационов и комбикормов комплексом специальных добавок и биологически-активных веществ [1–5].

Большую роль в увеличении кормовой базы и продуктивности сельскохозяйственных животных могут сыграть кормовые добавки из местных источников сырья [6–10]. Одной из таких добавок является кормовая добавка на основе торфа, обогащенного белком. В торфе содержатся водорастворимые вещества, гемицеллюлоза, клетчатка, зола и др.

Благодаря специальным технологиям из верхового торфа можно получить различные кормовые продукты и добавки: силоса, углеводсодержащие кормовые добавки (торф осажаренный, сахара кормовые торфяные, торфо-бардяные смеси, биостимуляторы роста) [11, 12]. Перечисленные кормовые продукты лишь повышают перевариваемость или увеличивают содержание сахаров. Добавление синтетических азотистых веществ (в частности, мочевины) обеспечивает обогащение сырым проте-

ином. При этом, однако, не достигается требуемой сбалансированности кормов по истинному белку (аминокислотам, в т. ч. незаменимым), микро- и макроэлементам, а также витаминам.

Использование в дефицитных по сахару летних и зимних рационах бычков на откорме различных сахаросодержащих добавок позволяет повысить среднесуточные приросты живой массы на: 16,0–23,9 % с кормовым сахаром из древесины, 12,4–15,7 % с кормовым сахаром торфяным. Замена (до 33 % по питательности) концентратов кормовым сахаром древесным и торфяным с мочевиной позволила сэкономить дефицитные зерновые корма и в то же время получить высокие среднесуточные приросты живой массы (0,836–0,934 кг против 0,739 кг в контроле) [13, 14].

Исследованиями, проведенными Бабуриной М.И., показана полная безвредность природного торфа и выработанной белково-минеральной добавки в острых и хронических опытах на лабораторных животных, что подтверждено соответствием готовой продукции ветеринарно-санитарным требованиям [15].

В рационах молодняка крупного рогатого скота верховой малоразложившийся торф может быть использован как дополнительный источник корма [16]. Сфагновые торфа содержат до 70 % легкогидролизуемых веществ. Однако в натуральном торфе эти вещества не доступны для микроорганизмов и ферментов пищеварительного тракта животных. Поэтому он должен подвергаться обработке. В этой связи представляет интерес изыскание новых методов обработки и обогащения торфа, которые бы позволили повысить эффективность использования его в качестве кормовой добавки в рационах сельскохозяйственных животных.

Одним из методов деструкции полисахаридов торфа с образованием олигосахаридов и мономеров может являться барогидротермическая обработка – бескислотный гидролиз в водной среде под давлением. Определен оптимальный режим ведения процесса с помощью метода математического планирования эксперимента, в котором выход водорастворимых соединений составляет 33,9 %, редуцирующих веществ – 15,1 % от органической массы торфа.

Основная часть

Цель работы: Изучить возможность и эффективность включения в рацион кормовой добавки из местного сырья на переваримость питательных веществ кормов и продуктивность молодняка крупного рогатого скота.

Материал и методика исследований: Исследования проведены в физиологическом корпусе РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству». Для физиологического опыта были отобраны бычки черно-пестрой породы с хронической фистулой рубца и в возрасте 15 месяцев с живой массой 370–380 кг по принципу аналогов (табл. 1).

Таблица 1. – Схема опыта

Группа	Количество животных, голов	Продолжительность опыта, дней	Особенности кормления
I контрольная	3	30	Основной рацион (ОР) – зеленая масса +комбикорм
II опытная	3	30	ОР + комбикорм с включением 7 % по массе кормовой добавки
III опытная	3	30	ОР + комбикорм с включением 13 % по массе кормовой добавки
IV опытная	3	30	ОР + комбикорм с включением 20 % по массе кормовой добавки

Различия в кормлении заключались в том, что молодняк контрольной группы получал комбикорм без добавки, а животные II, III и IV опытных групп получали в составе комбикорма кормовую добавку в количестве 7, 13 и 20 % по массе соответственно.

Для изучения эффективности скармливания комбикормов с кормовой добавкой проведен научно-хозяйственный опыт. Для исследований были отобраны 33 бычка черно-пестрой породы живой массой 255–260 кг в возрасте 9 месяцев.

Помимо комбикорма в состав основного рациона включались: кукурузный силос, патока и кормовой жир. Различия в кормлении состояли в том, что бычки I контрольной группы в составе рациона потребляли комбикорм без добавок, а животные II и III опытных групп получали в составе комбикорма добавку в количестве 13 и 20 % по массе соответственно.

В опыте проведены исследования по следующим показателям: поедаемость кормов – путем проведения контрольного кормления 1 раз в 10 дней; химический состав кормов определялся путем отбора проб и их анализа; коэффициенты переваримости и использования питательных веществ кормов – путем постановки балансовых опытов (М. Ф. Томмэ, А. В. Модянов 1969); зоотехнические анализы кормов и продуктов обмена проводились в лаборатории качества продуктов животноводства и кормов РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству» по общепринятым методикам. В кормах определяли: первоначальную, гигроскопическую и общую влагу; сухое и органическое вещество; протеин, жир, клетчатку, кальций, фосфор.

Результаты исследований

При проведении физиологических опытов установлено, что бычки опытных групп потребляли по 200 г, 400 и 600 г добавки на голову в сутки, что соответствовало включению ее в количестве 7, 13 и 20 % по массе в состав комбикорма (табл. 2)

Таблица 2. – Химический состав и питательность добавок

Показатель	Добавка		В среднем
	№ 1	№ 2	
Сухое вещество, %	78,73	84,49	81,61
Содержится в абсолютно сухом веществе, %			
сырого протеина	10,28	11,31	10,8
сырого жира	3,91	3,95	3,93
сырой клетчатки	15,2	17,8	16,5
зола	6,4	6,0	6,2
кальция	1,94	2,04	1,99
фосфора	0,21	0,19	0,20
В 1 кг натурального корма содержится:			
кормовых единиц	0,2	0,2	0,2
сухого вещества, г	787,3	844,9	816,1
органического вещества, г	737,0	794,0	765,5
сырого протеина, г	80,9	95,6	88,3
сырого жира, г	30,8	33,4	32,6
клетчатки, г	120,1	150,4	135,3
БЭВ, г	505,2	514,7	510,0
кальция, г	15,3	17,2	16,3
фосфора, г	1,7	1,6	1,7

Кормовые добавки № 1 и 2 представляют собой биомассу грибов *Trichoderma sp.* и *Aspergillus sp.*, выращенных на основе верхового торфа и имеют некоторые различия по содержанию сухого вещества – 78,73 и 84,49 %, протеина – 10,28 и 11,13 % и клетчатки – 15,2 и 17,8 %.

В 1 кг добавки при натуральной влажности содержится в среднем 0,2 корм. ед., 816,0 г сухого вещества; 766 г – органического вещества; 510 г – БЭВ; 32,6 г – жира; 88,3 г – сырого протеина; 135,3 г – клетчатки; 16,3 г – кальция; 1,7 г – фосфора.

Состав жидкой части содержимого рубца при обогащении рационов кормовой добавкой представлен в (табл. 3).

Таблица 3. – Показатели рубцового пищеварения

Показатель	Группа			
	I	II	III	VI
pH	7,0	6,9	6,8	6,6
ЛЖК, ммоль/л	9,9	10,3	10,9	11,3
Инфузории, тыс. мл	405	415	423	429
Аммиак, мг%	22,9	21,8	20,4	19,5
Азот, мг%:				
общий	155,5	159,6	161,3	160,2
небелковый	49,5	20,1	50,9	50,2
белковый	106,0	109,5	110,4	110,0

Исследованиями установлено, что образующийся в результате процессов ферментации, аммиак в рубце усваивался гораздо быстрее и эффективнее у бычков опытных групп, а концентрация его в рубцовой жидкости снижалась с 22,9 мг до 19,5–21,8 мг, или на 5–15 %. В жидкой части рубца животных опытных групп, вследствие лучшего использования аммиака, установлено увеличение количества общего азота на 3–4 %, а белкового на 3–5 %.

Использование в кормлении молодняка опытных групп комбикормов с включением 7, 13 и 20 % по массе кормовой добавки оказало положительное влияние на переваримость питательных веществ. Так, из полученных данных видно, что молодняк II опытной группы, потреблявший 7 % добавки по массе в составе комбикорма, переваривал лучше сухое вещество на 1,8 %, органическое – на 1,6; протеин – на 1,4; клетчатку – на 2,6; БЭВ – на 1,4 %. Переваримость сухого вещества при потреблении бычками кормовой добавки в количестве 13 и 20 %, по массе в составе комбикорма (группы III и IV) снизилась по сравнению с контрольным вариантом на 2,5–4,6 %, органического – на 3,2–5,5; протеина – на 2,9–6,0; клетчатки – на 5,1–7,8; БЭВ – на 1,8–5 %, за исключением жира.

Изучение результатов исследований среднесуточного баланса азота показал, что отложение химического элемента в теле контрольных и опытных животных различий не имело, и находилось на уровне 36,0–41,3 г. У этих животных, по использованию азота от принятого до переваренного, также не выявлено различий.

Баланс кальция и фосфора, в свою очередь, был положительным у животных всех групп.

Включение в рацион бычков кормовой добавки в количестве 7 % по массе в составе комбикорма обеспечило наибольшее поступление в организм животных перевариваемых питательных веществ. Так, у молодняка II опытной группы, количество поступивших перевариваемых сухих и органических веществ в организм, превысило показатели контрольных сверстников на 3–5 %, протеина – на 3 %, клетчатки – на 5 %, БЭВ – на 3 %. Введение в комбикорма кормовой добавки, в количестве 13 и 20 % по массе, снизило поступление в организм бычков питательных веществ, за исключением жира.

Скармливание животным кормовой добавки на основе торфа в количестве 7, 13 и 20 % по массе комбикорма не оказало отрицательного влияния на гематологический статус организма бычков.

В результате проведенных исследований установлено, что все изучаемые показатели крови находились в пределах физиологической нормы. Вместе с тем следует отметить, что скармливание кормовой добавки бычкам из расчета 200 г на голову в сутки или 7 % в составе комбикорма обеспечило повышение в крови общего белка на 7 % ($P < 0,05$) и снижение уровня мочевины на 17 % ($P < 0,05$). Включение добавки из расчета 400 г на голову в сутки (13 % от массы комбикорма) привело к повышению общего белка на 4,5 % и снижению количества мочевины на 12 %. Использование в составе комбикорма добавки в количестве 20 % по массе (600 г на голову в сутки) повысило уровень общего белка на 2 % и снизило концентрацию мочевины на 8 %. Остальные показатели крови характеризовались следующими величинами: эритроциты – $8,0–8,6 \times 10^{12}/л$, лейкоциты – $7,8–8,2 \times 10^9/л$, гемоглобин – 88,2–99,5 г/л, резервная щелочность – 405,6–423,7 мг %, глюкоза – 2,2–2,5 ммоль/л, каротин – 0,0120–0,0127 ммоль/л.

Включение в рацион бычков кормовой добавки оказало положительное влияние на энергию роста животных. Использование кормовой добавки в составе комбикорма в количестве 13 % по массе обеспечило повышение среднесуточного прироста с 900 г (контроль) до 903 г. Включение в состав комбикорма комбикормовой добавки в количестве 20 % по массе позволило получить среднесуточный прирост на уровне 894 г. Затраты кормов на 1 ц прироста во II опытной группе снизились с 8,0 до 7,8 ц корм. ед., или на 3 %, в том числе зерна – на 12 %. Затраты кормов на 1 ц прироста в III опытной группе снизились на 2 %, в том числе зерна – на 19 %.

В результате анализа полученных данных установлено, что потребление комбикормов животными всех групп было одинаковым и составило 1,8 ц за опыт. Стоимость 1 ц стандартного комбикорма в опытных группах снизилась на 4 и 5 % соответственно за счет включения более дешевой кормовой добавки. В связи со снижением стоимости потребленных кормов рациона, себестоимость кормовой единицы уменьшилась на 3 и 4 %, в результате себестоимость 1 ц прироста при включении в состав комбикорма добавки в количестве 13 % по массе снизилась – на 5 %, а 20 % по массе – на 4 %.

Использование в кормлении бычков комбикорма, содержащего изучаемую добавку в количестве 13 % по массе, позволяет экономить на каждой тонне комбикорма 130 кг зерна, а в количестве 20 % – 200 кг зерна.

Заключение

Включение в рацион молодняка крупного рогатого скота кормовой добавки на основе обогащенного белком верхового торфа в количестве 7 % по массе в составе комбикорма, или 200 г на голову в сутки, обеспечивает улучшение переваримости сухого и органического вещества на 1,6–1,8 %, протеина – на 1,4 %, клетчатки – на 2,6 %, БЭВ – на 1,4 %, что позволяет сэкономить 12–19 % зерна, получить среднесуточные приросты живой массы на уровне 894–903 г при затратах кормов 7,8–7,9 корм. ед. на 1 кг прироста живой массы.

Список использованных источников

1. Ганущенко, О. Ф. Многолетние бобовые травы и оптимизация параметров их консервирования / О. Ф. Ганущенко // Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию, Витебский зональный институт сельского хозяйства. Минск, 2010.
2. Разумовский, Н.П., Богданович, Д.М. Обмен веществ и продуктивность бычков при разном количестве нерасщепляемого протеина в рационе / Н.П. Разумовский, Д.М. Богданович // В сборнике: научное обеспечение животноводства Сибири. Материалы III международной научно-практической конференции. 2019. – С. 225–228.
3. Пайтеров, С.Н., Богданович, Д.М. Эффективность применения раствора мелоксикама в трансплантации эмбрионов крупного рогатого скота / Пайтеров, С.Н., Богданович, Д.М. // Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства. Материалы национальной научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня рождения Заслуженного работника высшей школы РФ, Почетного профессора Брянской ГСХА, доктора ветеринарных наук, профессора А. А. Ткачева. 2018. – С. 119–122.
4. Пайтеров, С.Н., Богданович, Д.М. эффективность использования дексаметазона при криоконсервировании эмбрионов крупного рогатого скота / Пайтеров, С.Н., Богданович, Д.М. // Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства. Материалы национальной научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня рождения Заслуженного работника высшей школы РФ, Почетного профессора Брянской ГСХА, доктора ветеринарных наук, профессора А. А. Ткачева. 2018. – С. 123–126.
5. Цай, В. П. Использование разных количеств лактозы в рационах молодняка крупного рогатого скота / Цай, В.П., Радчикова, Г.Н., Бесараб, Г.В., Приловская, Е.И. // Научное обеспечение животноводства Сибири. Материалы III международной научно-практической конференции. 2019. – С. 278–282.
6. Ганущенко, О., Заготовка и использование зерносилоса из вико-овсяных смесей / О. Ганущенко, И. Пахомов, Н. Разумовский // Молочное и мясное скотоводство. 2004. № 8. – С. 13–14.
7. Богданович, Д.М. Кремнеземистые и карбонатные сапропели в рационах молодняка крупного рогатого скота / Д.М. Богданович // В сборнике: Модернизация аграрного образования: интеграция науки и практики. Сборник научных трудов по материалам V Международной научно-практической конференции. 2019. – С. 216–219.
8. Петрушко, Е.В., Богданович, Д.М. // Качественная характеристика молока коз-продуцентов рекомбинантного лактоферрина человека третьего и четвертого года лактации/ Е.В. Петрушко, Д.М. Богданович // В сборнике: Перспективные аграрные и пищевые инновации. Материалы Международной научно-практической конференции. Под общей редакцией И. Ф. Горлова. 2019. – С. 161–166.

9. Славецкий, В. Б. Рациональное использование кормовых ресурсов и профилактика нарушений обмена веществ у животных в стойловый период / В. Б. Славецкий [и др.] // рекомендации / Учреждение образования «Витебская орден «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины». Витебск, 2002.
10. Богданович, Д. М., Разумовский, Н. П. Физиологическое состояние и продуктивность бычков в зависимости от количества протеина в рационе / Д. М. Богданович, Н. П. Разумовский // Социально-экономические и экологические аспекты развития Прикаспийского региона. Материалы Международной научно-практической конференции. 2019. С. 197–202.
11. Карпенко, В. В. Кормовая добавка из верхового торфа / В. В. Карпенко [и др.] // Торф в решении проблем энергетики, сельского хозяйства и экологии : материалы международной конференции. - Мн., 2006. – С. 110.
12. Богданович, Д. М., Разумовский, Н. П. Эффективность включения в рацион бычков новой кормовой добавки / Д. М. Богданович, Н. П. Разумовский // Селекционно-генетические и технологические аспекты производства продуктов животноводства, актуальные вопросы безопасности жизнедеятельности и медицины. Материалы международной научно-практической конференции посвященной 90-летию юбилею биотехнологического факультета. 2019. С. 75–80.
13. Богданович, Д. М., Разумовский, Н. П. Переваримость, использование питательных веществ и продуктивность молодняка крупного рогатого скота при скармливании биологически активной добавки / Д. М. Богданович, Н. П. Разумовский // Селекционно-генетические и технологические аспекты производства продуктов животноводства, актуальные вопросы безопасности жизнедеятельности и медицины. Материалы международной научно-практической конференции посвященной 90-летию юбилею биотехнологического факультета. 2019. С. 13–23.
14. Богданович, Д. М., Разумовский, Н. П. Эффективность скармливания телятам кормовой добавки «ПМК» / Д. М. Богданович, Н. П. Разумовский // 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. 401–405.
15. Шиманский, В. С. Использование верхового малоразложившегося торфа в качестве сырья для производства кормов / В. С. Шиманский, Р. Ф. Братишко, М. Н. Лойко // Химия и химическая технология торфа. – М., 1979. – С. 234–238.
16. Бабурина, М. И. Производство белково-минеральной добавки с торфом и гигиена ее использования : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Бабурина М. И. – М., 1998. – 23 с.

Г. Н. Ерохин, д-р экон. наук, **А. А. Беляев**, инж.

*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»,
г. Тамбов, Россия
e-mail: witin4@rambler.ru*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

Аннотация: Разработана математическая модель и компьютерная программа прогнозирования производительности зерноуборочных комбайнов. Получены зависимости эксплуатационной производительности зерноуборочных комбайнов от урожайности и соломистости зерновой культуры.

Ключевые слова: зерноуборочный комбайн, модель, производительность, урожайность

G. N. Erokhin, *PhD in Engineering sciences*, **A. A. Belyaev**, *Engineer*

*Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture»,
Tambov, Russia
e-mail: witin4@rambler.ru*

MODELING OF PRODUCTIVITY OF GRAIN HARVESTERS

Abstract: A mathematical model and a computer program for predicting the performance of combine harvesters have been developed. The dependences of the operational productivity of combine harvesters on the productivity and strawiness of grain crops are obtained.

Keywords: combine harvester, model, productivity, productivity

Введение

В настоящее время сельскохозяйственным предприятиям предлагаются разнообразные по своим параметрам зерноуборочные комбайны. Наибольшее распространение на Российском рынке получили комбайны компаний: «Ростсельмаш», «Гомсельмаш», CLAAS, John Deere, New Holland, Case IH.

Компании, производящие зерноуборочные комбайны, предоставляют обширную информацию о выпускаемой продукции. В основном это рекламное описание преимуществ, предлагаемых комбайнов, и показатели их технической характеристики.

Однако потребителя, наряду с этими показателями, интересуют производительность процесса уборки зерновых культур в условиях его сельхозпредприятия. Такая информация, к сожалению, отсутствует. Это объясняется тем, что производительность одного и того же комбайна может значительно отличаться в зависимости от конкретных условий уборки. Явно недостаточный объем информации об эксплуатационных показателях появляется в виде статей и протоколов испытаний отдельных марок зерноуборочных комбайнов. Сложившаяся ситуация ставит потребителя в затруднительное положение при выборе необходимой для его условий техники.

Поэтому актуальными являются исследования, позволяющие моделировать эксплуатационные показатели зерноуборочных комбайнов в различных условиях. В ФГБНУ ВНИИТиН (г. Тамбов) разработана математическая модель определения эксплуатационных показателей зерноуборочных комбайнов для конкретных условий уборки.

Общий вид модели представлен ниже:

$$P_O = f_1(P_{YC}, P_{TX}),$$

$$P_{OP} = f_2(P_{YC}, P_{TX}),$$

$$P_{CM} = f_3(P_{YC}, P_{TX}, P_{MOH}),$$

$$P_{ЭК} = f_4(P_{YC}, P_{TX}, P_{MOH}, P_{НАР}),$$

где $f_1...f_4$ – совокупности уравнений для определения эксплуатационных показателей.

Модель предусматривает получение следующих эксплуатационных показателей [1]: P_O – производительность комбайна по основному времени; P_{OP} – производительность комбайна по оперативному времени; P_{CM} – производительность комбайна по сменному времени; $P_{ЭК}$ – производительность комбайна по эксплуатационному времени (эксплуатационная производительность).

Входными параметрами модели являются показатели четырех групп: P_{YC} – показатели условий уборки зерновых культур, P_{TX} – показатели технической характеристики зерноуборочного комбайна, P_{MOH} – показатели мониторинга работы зерноуборочного комбайна, $P_{НАР}$ – показатели наработки зерноуборочного комбайна. Конкретное содержание указанных групп показателей приведено в табл. 1.

Таблица 1. – Входные данные модели

Наименование группы	Наименование показателей
Показатели условий уборки зерновых культур	Урожайность, соломистость, длина гона, засоренность, влажность, полеглость
Показатели технической характеристики зерноуборочного комбайна	Мощность двигателя, площадь подбарабана, площадь соломотряса, площадь решет очистки, скорость выгрузки зерна, объем бункера, транспортная скорость
Показатели мониторинга работы зерноуборочных комбайнов	Удельная продолжительность технических и технологических обслуживаний, зависимости изменения надежности зерноуборочного комбайна от суммарной наработки
Показатели наработки зерноуборочного комбайна	Наработка комбайна с начала эксплуатации, годовая наработка комбайна

Совокупности функций $f_1...f_4$, моделирующих получение интересующих эксплуатационных показателей, подробно описаны в работах [2,3]. Определение производительности по основному времени проводилось с использованием значения пропускной способности, вычисленной по статистическим уравнениям [4]. Разработанная модель позволяет учитывать изменение надежности комбайнов в процессе их использования [5]. Это дает возможность оценки эксплуатационных показателей как новых зерноуборочных комбайнов, так и имеющих определенную наработку с начала эксплуатации.

На основе предложенной модели была разработана компьютерная программа. Эта программа дополнена базой данных технических характеристик зерноуборочных комбайнов ведущих мировых компаний, что позволяет прогнозировать значения эксплуатационных показателей разнообразных комбайнов в зависимости от условий уборки зерновых культур в сельхозпредприятии.

С помощью программы проведены исследования влияния урожайности и соломистости зерновой культуры на эксплуатационную производительность зерноуборочного комбайна. В качестве объектов исследования выбраны зерноуборочные комбайны следующих марок: NOVA («Ростсельмаш»), «ПАЛЕССЕ GS12» («Гомсельмаш»), Lexion 6800 (Claas).

Комбайн NOVA имеет классическую молотильно-сепарирующую систему барабанного типа. Содержит молотильный барабан, отбойный битер и клавишный соломотряс. Барабан диаметром 600 мм и протяженное подбарабанье создают оптимальную площадь обмолачиваемой поверхности, где вымолачивается до 95 % зерна. Комбайн оснащен современным турбодизельным двигателем мощностью 180 л.с. Это низший по мощности из рассматриваемых комбайнов.

Комбайн «ПАЛЕССЕ GS12» барабанного типа, в котором применено ускорение потока хлебной массы перед обмолом. Большие диаметры барабана-ускорителя и молотильного барабана (600 и 800 мм) обеспечивают стабильный обмолот на уборке засоренных, высокосоломистых и влажных хлебов. Двигатель комбайна имеет мощность 330 л.с., занимает средний диапазон среди выбранных комбайнов.

Комбайн Lexion 6800 барабанного типа высокой производительности. Молотильная система включает барабан-ускоритель и основной барабан диаметром 755 мм, а шириной 1700 мм. Особенностью комбайна является наличие барабана-сепаратора диаметром 600 мм. Сепарация зерна происходит на 6-ти клавишах четырехступенчатого соломотряса. Lexion 6800 оснащен двигателем мощностью 461 л.с., а также оборудован телескопическим шнеком, с регулируемой высотой и шириной выгрузки. Это наиболее мощный из рассматриваемых комбайнов.

В результате исследований получены зависимости эксплуатационной производительности вышеперечисленных зерноуборочных комбайнов от урожайности убираемой зерновой культуры (рис. 1). Зависимости получены при условиях уборки: соломистость (отношение массы незерновой части к массе зерна) – 1,5; длина гона 1000 м; влажность соломы – 14 %; засоренность и полеглость в пределах 3 %, наработка комбайна с начала эксплуатации 20 часов.

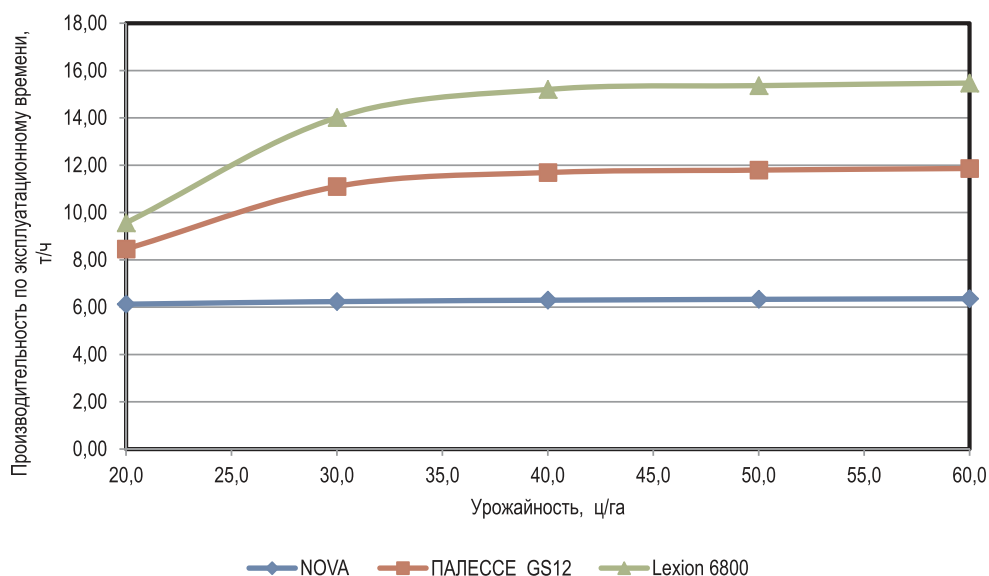


Рис. 1. – Зависимости производительности по эксплуатационному времени от урожайности зерновой культуры

Для комбайна NOVA (ширина жатки 6 м) эксплуатационная производительность, в рассматриваемом диапазоне урожайности, незначительно увеличивается: с 6,13 до 6,35 т/ч. Такой тип зависимости свидетельствует о том, что данный комбайн работает с полной загрузкой молотилки во всем диапазоне рассматриваемой урожайности 20...60 ц/га.

Иной тип зависимости имеем для комбайна «ПАЛЕССЕ GS12» (ширина жатки 7 м). В интервале урожайности 20... 30 ц/га происходит резкий рост эксплуатационной производительности с 8,5 до 11,5 т/ч. В этом диапазоне комбайн работает с неполной загрузкой из-за ограничения максимальной рабочей скорости. С повышением урожайности сверх 30 ц/га, комбайн выходит на режим полной загрузки по пропускной способности, и эксплуатационная производительность имеет незначительный рост до 11,9 т/ч при урожайности 60 ц/га.

Наиболее мощный комбайн Lexion 6800 (ширина жатки 7,7 м) до урожайности 35 ц/га имеет крутой рост производительности за счет возрастания используемой пропускной способности. В дальнейшем комбайн выходит на режим полной загрузки молотилки, и рост производительности становится незначительным. Этот рост объясняется уменьшением времени на повороты комбайна в конце загонки.

В итоге, при полной загрузке, относительная эксплуатационная производительность исследуемых комбайнов, при данных условиях, составляет: NOVA – 100 %, «ПАЛЕССЕ GS12» – 187 %, Lexion 6800 – 244 %.

Для потребителя важно также знать изменение производительности от соломистости убираемой зерновой культуры. Результаты исследования в этом направлении показаны на рис. 2.

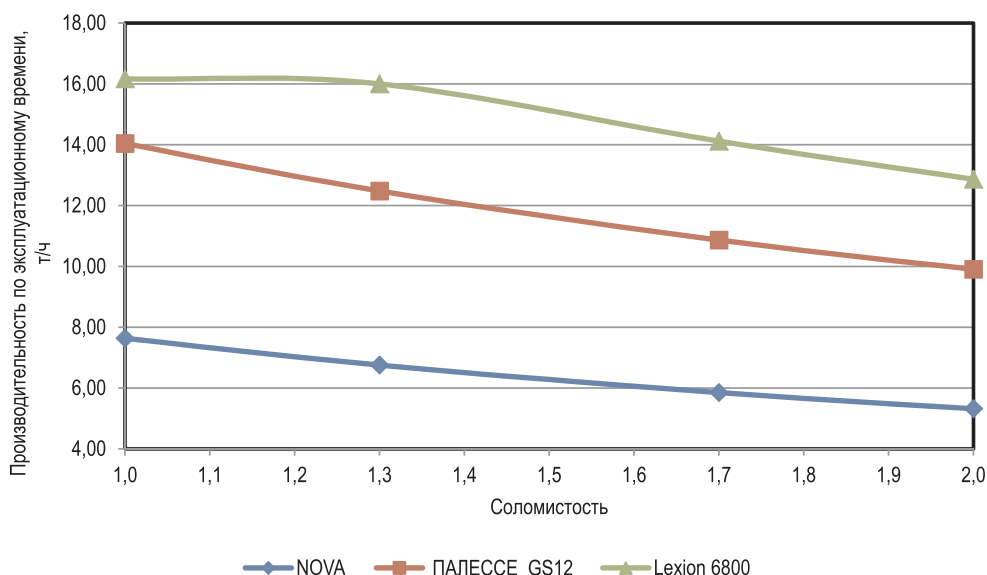


Рис. 2. – Зависимости производительности по эксплуатационному времени от соломистости зерновой культуры

С помощью компьютерного моделирования получены зависимости производительности по эксплуатационному времени от соломистости зерновой культуры для выбранных ранее марок комбайнов. Зависимости получены при урожайности 35 ц/га. Для всех рассматриваемых марок комбайнов наблюдается снижение производительности с увеличением соломистости (рис. 2). Для комбайнов NOVA, «КЗС-1218» и «ПАЛЕССЕ GS12» изменение соломистости от 1,0 до 2,0 ведет к плавному снижению эксплуатационной производительности на 30 %. Для комбайна Lexion 6800 снижение производительности в интервале соломистости 1,0 ...1,35 не происходит, так как комбайн работает с неполной загрузкой и увеличение пропускаемой через комбайн обмолачиваемой массы компенсируется недоиспользованной частью пропускной способности. В интервале соломистости 1,35 ...2,0 для этого комбайна наблюдается снижении производительности на 20 %.

Выводы

Разработанная модель позволяет оценивать эксплуатационную производительность зерноуборочных комбайнов в зависимости от разнообразных условий проведения уборочных работ. С ее помощью смоделированы зависимости производительности комбайнов NOVA, «ПАЛЕССЕ GS12» и Lexion 6800 от урожайности и соломистости убираемой культуры. Полученные результаты позволяют обоснованно подходить к применению зерноуборочных комбайнов различных марок с учетом конкретных условий сельхозпредприятия и обеспечивать эффективность использования зерноуборочной техники.

Список использованных источников

1. ГОСТ Р 52778–2007. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы эксплуатационно-технологической оценки. – М.: «Стандартинформ». – 2008. – 24с.
2. Ерохин, Г.Н. Использование зерноуборочных комбайнов за пределами регламентированного срока службы / Г.Н. Ерохин, В.В. Коновский, Н.П. Тишанинов – М.: РАСХН, 2005. – 63 с.
3. Ерохин, Г.Н. Моделирование эксплуатационно-технологических показателей зерноуборочных комбайнов / Г.Н. Ерохин, А.С. Решетов, В.В. Коновский // Тракторы и сельхозмашины. – 2011. – №1. – С. 30–31.
4. Жалнин Э.В. Расчет основных параметров зерноуборочных комбайнов с использованием принципа гармоничности их конструкции / Э.В. Жалнин // М.: ВИМ, 2011. 104 с.
5. Ерохин, Г.Н. Надежность зерноуборочных комбайнов в реальных условиях эксплуатации / Г.Н. Ерохин, В.В. Коновский // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – 2014. – № 1. – С. 37–40.

Н. М. Морозов акад. РАН, д-р экон. наук, проф., **И. Ю. Морозов**, канд. экон. наук

*Институт механизации животноводства – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ,
г. Москва, Российская Федерация
e-mail: akademik.morozov34@mail.ru*

НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДИЧЕСКИХ ПОЛОЖЕНИЙ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦИФРОВИЗАЦИИ ЖИВОТНОВОДСТВА

Аннотация: Излагаются направления и особенности применения цифровых технологий в производстве продукции животноводства и выполнении процессов. Обосновывается необходимость применения системы натуральных стоимостных критериев оценки и эффективность их использования.

Ключевые слова: Цифровые технологии производства в животноводстве, натуральные и стоимостные показатели, система критериев, эффективность, инвестиции, издержки, качество продукции, затраты.

N. M. Morozov, *academician of RAS, doctor of Economics, Professor*, **I. U. Morozov**, *Ph. D*

*Institute of mechanization of animal husbandry – the branch of fgbu fnacs VIM,
Moscow, Russian Federation
e-mail: akademik.morozov34@mail.ru*

THE PLACE AND ROLE OF AUTOMATED DIGITAL TECHNOLOGIES FOR LIVESTOCK PRODUCTS AND DIRECTIONS OF THEIR DEVELOPMENT

Abstract: The directions and features of the application of digital technologies for the production of livestock products and the implementation of processes are described. The necessity of using a system of natural cost criteria for evaluating the effectiveness of their application is justified.

Keywords: Digital production technologies in animal husbandry, natural and cost indicators, criteria system, efficiency, investment, revenue, product quality, costs.

Введение

Мясная промышленность России занимает ведущее место в валовой продукции сельского хозяйства. Несмотря на существенное ее снижение по сравнению с дореформенным периодом (1990 г.) – молока с 55,7 млн т до 30,7 млн т, привесов скота и птицы с 15,6 млн т, в живой массе, до 14,0–14,6 млн т, яиц с 47,5 до 45,0 млн шт., шерсти с 226,7 тыс. т до 55,5–56,7 тыс. т, а также поголовья скота – особенно коров, овец и коз. Удельный вес отрасли в валовой продукции сельского хозяйства сохраняется на уровне 47–48 %.

В послереформенный период изменились роль и удельный вес основных групп товаропроизводителей. В дореформенный период главными товаропроизводителями продукции животноводства являлись сельскохозяйственные организации в форме коллективных и государственных хозяйств, где было сосредоточено 82,7 % поголовья крупного рогатого скота и 74,5 % коров, 81,5 % свиней, 70,5 % птицы, 72,3 % овец и коз и в них производилось 75–79 % продукции, и только 21,6–24,8 % – в хозяйствах населения.

В связи с реформированием и ликвидацией многих коллективных хозяйств, увеличился удельный вес личных приусадебных ферм населения, особенно в производстве молока с 23,8 до 38,6 %, а по поголовью коров – с 25,5 до 42,0–43,0 %.

Новая организационно-правовая форма хозяйствования в России – крестьянские (фермерские) хозяйства, занимает незначительный удельный вес как в поголовье крупного рогатого скота, коров, свиней и особенно птицы, так и в удельном весе производства молока. В последние годы возрастает производство продукции в крупных специализированных объектах – фермах

и комплексах по производству молока, говядины и свинины в сельхозорганизациях, птицефабриках на основе строительства новых и модернизации действующих объектов с высоким уровнем технического оснащения, автоматизации выполнения процессов. Наряду с этим снижается рост личных подсобных хозяйств населения в производстве продукции животноводства.

Анализ технологий производства продукции животноводства в России показывает, что их развитие и совершенствование осуществляется под влиянием применения техники – машин, средств автоматизации, электрификации, создаваемых на основе использования фундаментальных научных результатов в различных сферах – физиологии и кормлении животных, электрификации и автоматизации, организации труда и управления.

Сердцевиной технологии, характеризующей ее прогрессивность и влияющей на все ее элементы, является техническая база - машины, средства автоматизации, способы энергообеспечения.

На современном этапе развития экономики России значительную роль отводят необходимости развития цифровых технологий, как одного из важных факторов повышения эффективности производства, и на этой основе, роста конкурентоспособности, решения экономических и социальных проблем.

Основой цифровых технологий является автоматическое осуществление процессов при производстве того или иного товарного, готового к применению продукта или сырья.

Главным отличительным признаком цифровых технологий являются автоматически управляемые технические средства, осуществляющие выполнение процессов и операций в точном соответствии с заданными параметрами и требованиями без участия человека.

Постоянное уточнение и корректировка этих режимов и параметров на основе новейших результатов исследований, учета новых требований к выполнению процессов, а также создание и массовое производство автоматизированных исполнительных механизмов и систем автоматизации, являются условиями развития цифровых технологий.

В подотраслях животноводства, отличающихся многообразием и особенностями технологий производства различных видов конечной или промежуточной продукции можно выделить, как цифровые технологии производства отдельных видов продукции (производство яиц и мяса птицы), так и цифровые технологии выполнения отдельных процессов – облучение животных, поддержание параметров микроклимата, приготовление комбикормов, водоснабжение и поение животных и др..

Технология производства различных видов продукции в животноводстве (молоко, откорм животных, шерсть) распадается на отдельные, обособленные технологические циклы (стадии) – воспроизводство, комплектование различных специализированных половозрастных групп животных, зооветеринарные процессы и операции, при выполнении которых участвуют операторы и специалисты.

Экономические результаты производства зависят в значительной мере от породного состава и качества животных, обусловленных уровнем ведения племенной и зооветеринарной работы – выращивание молодняка, осеменение, подбор наиболее эффективных для конкретных условий пород и специализации животных и т.п. Эти виды деятельности и стадии технологий производства при всех уровнях интенсификации в настоящий период и в обозримом будущем будут осуществляться на основе применения человеческого интеллекта – квалификации специалистов и обслуживающего персонала.

Развитие способов и средств механизации и автоматизации для выполнения процессов в животноводстве на основе новых научных результатов будут способствовать и повышению эффективности производства продукции. [1]

На современном этапе развития науки, цифровые автоматизированные технологии следует применять при выполнении многих производственных процессов или групп процессов (операций), особенно в птицеводстве, приготовлении кормов, доении коров, переработке продукции, очистке помещений от экскрементов и приготовлении компостов, обеспечении параметров микроклимата в помещениях для содержания различных половозрастных групп животных, водоснабжении объектов, поении животных и птицы.

В современных условиях возрастают требования к охране окружающей среды, техники безопасности, санитарно-гигиеническим условиям труда, имеющих высокую социальную, экологическую и экономическую значимость.

Достижение высоких экономических результатов производства на основе применение цифровых технологий может быть обеспечено как на вновь создаваемых объектах, так и на объектах, подлежащих модернизации. [2]

Исследованиями многих авторов (Дородных Д.И. [3], Стрекозов Н.И. [4]) установлено, что высокоэффективные технологии производства молока более чувствительны к отклонениям от требуемых режимов содержания и кормления животных, ветеринарного обслуживания, параметров микроклимата в помещениях, качеству и сбалансированности кормов по белку, углеводам и др. Поэтому величина ущерба и потерь в них от несоблюдения требуемых технологических параметров более существенна по сравнению с объектами с низким уровнем интенсификации производства.

Для оценки эффективности создания и применения инновационной техники и цифровых технологий производства продукции и выполнения процессов в подотраслях животноводства необходимо применять систему стоимостных и натуральных критериев, учитывающих ее влияние на затраты и результаты производства – использование продуктивного потенциала животных и птицы; качество продукции; охрана окружающей среды; потребляемые ресурсы и их качество, необходимые для применения различных вариантов технического оснащения производства в здания, сооружения, рабочие машины, энергетические установки.

Применение инновационной и интеллектуальной техники для механизации и автоматизации выполнения процессов в животноводстве оказывает комплексное положительное влияние на экономические результаты производства, условия труда, качество продукции и экологию посредством:

- снижения удельных затрат кормов на производство продукции на основе улучшения их подготовки к скармливанию, нормирование выдачи и устранения потерь;
- снижения затрат рабочего времени и издержек на выполнение технологических процессов, удельных затрат потребления топлива и электрической энергии;
- повышения продуктивности животных на основе оптимизации условий содержания, соблюдения технологических требований к кратности кормления и качеству кормов, санитарной подготовке вымени и автоматического управления выполнением операций при доении коров;
- устранения заболевания животных;
- оптимизации параметров микроклимата и др.;
- повышения качества и цены реализуемой продукции;
- охраны окружающей среды;
- улучшения условий труда – снижение напряженности, утомляемости работников;
- снижения стоимости зданий и сооружений на основе совершенствования объемно-планировочных решений;
- уменьшения капитальности, сокращения строительных и инженерно-технических решений.

Стоимостные показатели обеспечивают оценку исследуемых вариантов техники, технологий получения конечной продукции и выполнения отдельных процессов по:

- величине инвестиций (капитальных вложений), необходимых для приобретения техники; осуществления пуско-наладочных работ, а также инвестиций в специальные строительные объекты, требуемые для применения различных вариантов машин и технологий выполнения работ (процессов) – доильные залы для доения коров в станках различных типов, различные конструкции транспортеров для уборки навоза со специфическими требованиями к размерам и стоимости навозных желобов (каналов), здания кормоцехов; помещения для очистки, охлаждения и хранения молока, сортировки и упаковки яиц, подготовки органических удобрений; в объекты нового строительства ферм или модернизацию действующих;
- инвестициям в объекты, необходимые для обеспечения охраны окружающей среды, требований ветеринарной медицины и санитарии, техники безопасности;

– эксплуатационным издержкам (текущих затрат) на осуществление различных вариантов технологий производства продукции или выполнение отдельных производственных процессов и операций, уровень их снижения в зависимости от прогрессивности (совершенства) применяемых технических решений и влияния на затраты живого (овеществленного) труда, потребление ресурсов, условия содержания и продуктивность животных, качество продукции и др.

Натуральные показатели позволяют дать оценку вариантов применения техники и технологий выполнения процессов, технологий получения продукции или обслуживания разных видов и половозрастных групп животных по величине затрачиваемых (потребляемых) ресурсов – воды, кормов различного вида и качества, рабочего времени обслуживающего персонала различной квалификации, энергии, топлива и др., а также влияние новой техники и технологий на повышение продуктивности животных, увеличение производства продукции и повышение ее качества и, в целом, на эффективность производства продукции, ее рентабельность и величину прибыли.

В соответствии с экономической теорией, универсальным критерием оценки экономической эффективности техники является денежная форма, в которой отражаются затраты и результаты производства.

Однако для оценки уровня развития и эффективности производства различных видов продукции в процессе использования различных видов техники, уровня технического оснащения и прежде всего для оценки автоматизированных (цифровых) технологий, дополнительно к стоимостным, – в России, как и во многих странах Мира, используется также система натуральных показателей, позволяющих дать более полную оценку уровня развития технического оснащений подотраслей животноводства. К их числу относятся:

– затраты рабочего времени на выполнение процессов обслуживания различных половозрастных групп животных (человеко-часы на корову в год, свиноматку, животных на откорме и т.п., или на выполнение отдельных процессов (чел/час);

– на доение коров и приготовление 1000 кг кормовых смесей;

– удельные затраты энергии и топлива и выполнение различных процессов и видов работ;

– сроки использования (службы) технических средств (лет).

Отмеченные показатели являются и основой определения издержек на выполнение процессов и получение определенных видов продукции и сырья.

Необходимость применения натуральных измерителей оценки эффективности техники обуславливается также и тем, что в России, на производство продукции животноводства, выполнение процессов, удельные их затраты существенно выше в сравнение со многими странами Европейского союза и США.

Применение системы натуральных показателей оценки экономической эффективности, применение инновационной техники, средств автоматизации и управления цифровых технологий выполнения процессов в животноводстве должно стать неотъемлемым методическим положением и применяться на разных стадиях создания, испытаний и принятия решения о промышленном производстве и применении на объектах животноводства.

Многие натуральные показатели – удельное потребление топлива и электроэнергии на выполнение единицы конкретной работы (измельчение и смешивании кормов и др.), срок службы машин (лет) и др., являются в современных условиях и показателями конкурентоспособности и потребительской стоимости (качества) техники и влияют как на цену их реализации, так и на спрос на рынках.

Что касается оценки экономической эффективности техники и технологий выполнения процессов, влияющих на охрану окружающей среды, экологическое состояние среды, последствий загрязнения водного и воздушного бассейнов, почвы на здоровье людей, затраты на их обеспечение, то нормативная база для выполнения этих исследований до настоящего времени находится на начальном этапе и требуют самостоятельные исследования по оценке ущербов, затрат и ресурсов на предупреждение.

В действующих методических положениях оценки экономической эффективности создания и применения инновационной техники, автоматизированных (цифровых) технологий отсутству-

ют рекомендации по особенностям определения эффективности создания и применения роботов, цифровых технологий с учетом их влияния на демографические и социальные факторы – использование высвобождаемых трудовых ресурсов сельских жителей, их занятость, затрат на создание объектов социального, медицинского, образовательного и жилищного назначения.

Также требуют доработки положения по оценке технических решений, влияющих на повышение качества получаемой продукции – молока, шерсти с учетом цен их реализации, продуктивное долголетие используемых коров, с учетом затрат на их воспроизводство.

Создание и успешное применение роботов, автоматизированных систем выполнения процессов, систем управления, передачи информации и осуществления автоматических – цифровых технологий в животноводстве потребует корректировки, уточнения и дополнения методических положений оценки их экономической эффективности с учетом влияния на демографию сельского населения, затрат инвестиций на создание дополнительных сфер трудовой деятельности для высвобождаемых из подотраслей животноводства работников в результате автоматизации.

Методические положения должны содержать рекомендации по оценке эффективности применения инновационной техники, автоматизированных (цифровых) технологий выполнения процессов в различных зонах, масштабах и вариантах применения нововведений, как на действующих модернизируемых объектах, так и на вновь создаваемых.

Применительно к объектам по производству продукции животноводства «Методические положения определения эффективности» должны содержать рекомендации по определению затрат и результатов различных вариантов цифровизации:

- применение цифровых технологий выполнения отдельных процессов на действующих объектах без изменения масштабов (уровня концентрации) производства – размеров ферм, – автоматизированные технологии доения коров (роботы), раздачу кормов животным, чистки стойл и станков, сортировки и упаковки яиц;

- применение автоматизированных технологий производства продукции в отдельных цехах действующих объектов – откорм свиней и крупного рогатого скота, выращивание бройлеров, содержание промышленного стада кур-несушек в клеточных батареях и др.;

- комплексная модернизация технологии производств продукции на действующих объектах с изменением масштабов производства – применение беспривязного содержания коров, клеточного содержания птицы, достройка цехов по переработке молока, приготовления комбикормов, доильных залов, выгульных дворов и др.;

- строительство новых объектов с цифровыми технологиями выполнения процессов и производства продукции в новом месте.

Применительно к отмеченным вариантам нововведений: необходимо использовать и различные базы для их сопоставления с лучшими, получившими отличные результаты на практике. Повышение качества продукции и увеличение ее производства может быть определено посредством сопоставления цен ее реализации и валовой выручки от конкретного объекта за определенный срок (год) или за весь период его функционирования (лет).

Комплексная модернизация действующих объектов, без изменения масштабов производства, на основе применения инновационной техники сопровождается существенными уменьшениями затрат труда на выполнение процессов обслуживания животных и высвобождением численности работников. В этом случае необходимо учитывать затраты на оплату труда высвобождающегося персонала до его трудоустройства.

При создании новых объектов животноводства, удаленных от действующих населенных пунктов необходимо в составе инвестиций предусматривать затраты на создание объектов жилищного фонда, медицинского и образовательного назначения, либо предусматривать затраты на транспортные услуги по доставке работников из ближайших населенных пунктов, а также затраты на обучение персонала.

Экономические положения определения экономической эффективности создания и функционирования инновационных объектов, осуществляющих производство и комплексную переработку сырья в готовые потребительские продукты соответствующих требованиям стандартов (молоко фасованное и продукты его переработки, мясо) должны предусматривать учет следующих показателей о затратах и результатах:

- инвестиций (капитальных вложений) в здания (цеха) для хранения и переработки сырья в готовые для реализации потребителям продукты;
- инвестиций в машины, оборудование, средства автоматизации, энергообеспечения, включая и источники резервного теплоэнергообеспечения, их монтаж и пуско-наладка для выполнения процессов в помещениях для содержания животных и цехах хранения и переработки продукции, технические средства доставки готовых продуктов к местам их реализации (розничной торговли – магазины, палатки);
- инвестиций в создание и техническое оснащение пунктов реализации продукции – холодильники, торговые точки, склады и др.;
- издержки на производство продукции – содержание и кормление животных и птицы в соответствии с принятой технологией, способами механизации и автоматизации;
- издержки на переработку и хранение готовой продукции, подготовку кадров, включая убой животных и птицы;
- издержки на реализацию продукции в торговой сети, включая затраты на ее доставку от производителя;
- валовую выручку от реализации произведенной и переработанной продукции за год, исключая потери и порчу продукции;
- валовую прибыль от реализации произведенной и реализованной продукции за год;
- чистую прибыль от производства и реализации продукции за год;
- рентабельность производства, включая переработку и реализацию продукции;
- срок окупаемости инвестиций на производство, переработку и реализацию продукции.

До настоящего времени экономической наукой не разработаны теоретические основы и методические положения оценки эффективности и определения величины совокупного (живого и овеществленного) труда, затраченного на производство продукции при применении различных уровней технического оснащения и технических решений.

Отмеченные направления совершенствования методических положений эффективности применения цифровизации в животноводстве следует конкретизировать в отдельной методике

Список используемых источников

1. Иванов, Ю. А. Цифровое животноводство. Перспективы развития / Ю. А. Иванов // Вестник ВНИИМЖ. – 2019. – С. 4–7.
2. Морозов, Н. М. Инновационная техника и цифровые технологии – важные факторы повышения эффективности производства продукции животноводства / Н. М. Морозов // Экономика сельского хозяйства России. – 2018. – №2. – С. 15–23.
3. Дородных, Д. И. Направления и факторы устойчивого развития высокоинтенсивного молочного скотоводства (на материалах Тверской области). // Автореферат диссертации канд. экон. Наук : 08.00.05 / Д. И. Дородных: ФГОУ ВПО МГАУ. – Москва, 2019. – 24 с.
4. Стрекозов, Н. И. Эффективность инноваций в молочном скотоводстве России. // Вестник ВНИИМЖ №2(34), М. 2019. – С. 16–20.
5. Методика определения экономической эффективности создания и применения инновационной техники и машинных технологий выполнения процессов при производстве продукции животноводства. / Морозов, Н. М. и др., Москва, 2019, 56 с.

Е. И. Михайловский, канд. экон. наук, доц.

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: N22-22@yandex.ru*

РАЦИОНАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЗАКУПКАМИ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ РЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ

Аннотация: Исследованы вопросы управления закупками материальных ресурсов, оказывающих непосредственное влияние на эффективность функционирования системы ресурсосбережения предприятий в современных экономических условиях.

Ключевые слова: закупки, материальные ресурсы, денежные средства, предприятие-поставщик, оптимизация, алгоритм, товар, выбор поставщиков, транзакционные работы, затраты.

E. I. Mikhailovsky

*EI "Belarusian State Agrarian Technical University",
Minsk, Republic of Belarus
e-mail: N22-22@yandex.ru*

RATIONAL PROCUREMENT MANAGEMENT AS A FACTOR OF INCREASING EFFICIENCY OF FUNCTIONING OF SYSTEM OF RESOURCE SAVING OF ENTERPRISES

Abstract: Issues of managing procurement of material resources that have a direct impact on the efficiency of the functioning of the resource-saving system of enterprises in modern economic conditions are investigated.

Keywords: procurement, material resources, cash, supplier, optimization, algorithm, product, selection of suppliers, transactional work, costs.

От рационального управления процессом закупок материальных ресурсов в значительной мере зависит эффективная работа предприятий АПК. Сложности, возникающие у предприятий при закупках, обусловлены следующими основными объективными причинами: ограниченностью финансовых средств и проблемой выбора. Поскольку часто предложение превышает спрос, то появляется множество вариантов закупок - так называемое «поле решений». Отсюда возникает задача выбора наилучшего варианта, т.е. задача оптимизации закупок.

В экономической теории задача оптимизации формулируется как максимизация полезности закупаемых товаров при имеющихся денежных средствах. В качестве целевой функции используется уравнение Лагранжа. Уравнение Лагранжа в частных производных исследуется на *extrmum*, в результате чего определяются оптимальные значения. Прямое использование уравнения Лагранжа для оптимизации закупок весьма затруднено из-за сложности определения функций полезности для закупаемых материальных ресурсов. Поэтому логистикой разработаны методы рационализации закупок до уровня, близкого к максимальному, именующиеся как «правила логистики».

При оптимизации закупок предприятие-покупатель должно четко установить для себя все составляющие оптимизации, а именно: возможные варианты, предлагаемые поставщиками; целевая функция и ограничения; критерии оптимальности. Оптимизация, по существу, есть не что иное, как перебор имеющихся вариантов до выявления наилучшего. Чем больше исследуется вариантов, тем результат (выбор) ближе к более оптимальному. Процедура выбора – это решение или алгоритм данной оптимизационной задачи.

При оптимизации закупок таким алгоритмом является ведение деловых переговоров между предприятием-покупателем и предприятием-продавцом. В результате деловых переговоров

должно быть достигнуто соглашение, удовлетворяющее и предприятие-покупателя и предприятие-продавца и, которое закрепляется юридически в виде коммерческой сделки (в форме договора поставки). Полученное решение является оптимальным по Парето. Оптимум по Парето достигается при достижении взаимной выгоды сторон, при этом обеспечивается компромисс интересов потребителей и поставщиков материальных ресурсов.

Другим важным свойством оптимальности по Парето является ее многокритериальный характер, т.е., во внимание принимается широкий круг характеристик и условий поставки.

Так, при оптимизации выбора поставщика, следует учитывать следующие параметры: цены на материальные ресурсы, транспортно-заготовительные расходы, скидки с цены, качество материальных ресурсов, надежность поставок по срокам, количеству и качеству материальных ресурсов, надежность поставщика как делового партнера, номенклатура соответствующих услуг, способ транспортировки и вид транспорта, тара и упаковка, риски и способы страхования поставок, гибкость поставок, способы финансовых расчетов за поставляемые материальные ресурсы, рециклинг – способ возврата или утилизации тары и отходов производства, восприимчивость поставщика и его продукции требованиям научно-технического прогресса, финансовое состояние поставщика, его положение на рынке.

Однако предприятия АПК учитывают ограниченное число критериев оптимальности закупок, что приводит к увеличению затрат на материальные ресурсы и негативно сказывается на конкурентоспособности произведенной продукции.

В логистике работы, связанные с установлением хозяйственных связей, в том числе и по закупкам, именуется транзакционными, а соответствующие им издержки – транзакционными. Практика показывает, что транзакционные издержки являются полезными и с их ростом сокращаются общие издержки предприятия. Можно утверждать, что с увеличением транзакционных работ по закупкам, прежде всего, сокращаются материальные затраты [3].

В результате комплексного анализа товародвижения, с точки зрения оптимизации, оцениваются критерии Парето с целью их изменения и уточнения. Комплексный анализ снабжения материальными ресурсами включает широкий круг осуществленного процесса товародвижения. Поэтому, по отношению к переговорному процессу и реальному товародвижению, транзакционные операции подразделяются на три группы: операции, выполняемые до начала переговоров в порядке предпереговорной подготовки и являются плановыми; операции, выполняемые во время переговорного процесса, а поэтому, носящие оперативный характер и остаются, по существу, плановыми; операции, выполняемые после завершения договорных отношений, т.е., после прекращения действия данной хозяйственной связи.

При оптимизации закупок предприятие-покупатель должно в максимальной степени использовать благоприятные для себя объективные обстоятельства: предложение материальных ресурсов на рынке превышает спрос, что дает ему определенные стартовые преимущества, которые необходимо наиболее полно реализовать с позиций ресурсосбережения. Покупатель должен требовать от продавца осуществлять поставки по логистическим системам «точно в срок», «в максимальной технологической готовности», «строго по потребности».

К основным факторам, характеризующих поставщика и определяющих решение задачи выбора, необходимо отнести факторы материально-технических ресурсов, хозяйственных связей и деловых отношений с поставщиком, факторы поставщика. Факторы материально-технических ресурсов отражают их функциональные (потребительские) свойства, ценовые характеристики и организационные условия поставки. Функциональные свойства отражают особенности материально-технических ресурсов и характеризуются производственно-технологическими параметрами (техническими, конструктивными, технологическими и др.).

В составе ценовых характеристик ресурсов учитываются: цена; издержки доставки, установки, обслуживания; ценовые скидки; условия (формы и сроки) платежа; условия кредита; льготы и привилегии и др. Организационные факторы характеризуют условия поставки ресурсов: содержание и уровень пред- и послепродажного обслуживания, объемы, комплектность, сроки, ритмичность, надежность поставок и др. Факторы хозяйственных связей и деловых отношений характеризуют экономические по содержанию и соответственно организационно-правовые

и этические по форме взаимоотношения предприятия АПК и поставщика в процессе приобретения предприятием материальных ресурсов.

Проблема выбора поставщика является одной из основных в системе управления закупками материальных ресурсов. Основные этапы решения задачи выбора поставщиков [1, с. 151–152]:

1. Поиск потенциальных поставщиков

При этом могут быть использованы следующие методы: объявление конкурса; изучение рекламных материалов: фирменных каталогов, объявлений в средствах массовой информации и т.п.; посещение выставок и ярмарок; переписка и личные контакты с возможными поставщиками.

2. Анализ потенциальных поставщиков

К числу важнейших критериев выбора поставщика относятся: качество поставляемых материальных ресурсов и сервиса; надежность поставок; финансовые условия; возможности (способности) удовлетворить требование предприятия-производителя; расположение; сопутствующий сервис и другие.

Среди наиболее важных критериев отбора находится качество. Качество поставляемых материальных ресурсов должно удовлетворять производственные подразделения предприятия по характеристикам спецификации, техническим и конструктивным параметрам, физическим и химическим свойствам и т.д.

Надежность поставщика также является одним из ключевых показателей, определяющих его способность удовлетворять на достаточно длительном промежутке времени требования предприятия-производителя к качеству материальных ресурсов, срокам и объемам поставок.

Большое значение при выборе поставщика имеют его возможности удовлетворять определенные требования потребителей – это производственные мощности, используемое технологическое оборудование, складская система и дистрибутивная сеть поставщика, наличие возможностей доставки материальных ресурсов в больших количествах, уровень организации и контроля за поставками и т.п.

Следующую сферу параметров оценки поставщика составляют финансовые условия - это цена поставляемых материальных ресурсов; способность поставщика предоставлять рассрочку платежа, ценовые скидки поставлять ресурсы в кредит. Надо учитывать и финансовую устойчивость поставщика.

Кроме определенных количественных критериев оценки поставщика, существует большая группа качественных показателей: имидж поставщика, отсутствие негативных сообщений о нем от партнеров по бизнесу или в средствах массовой информации, доброжелательность, способность к контакту и длительным партнерским отношениям и т.п.

Важное значение имеют упаковка материальных ресурсов, сопутствующие сервисные услуги в виде соответствующих инструкций, обучения пользованию, возврата некондиционных материальных ресурсов, другие виды предпродажного и послепродажного сервиса. При выборе поставщика необходимо учитывать его географическое расположение. Важность этого критерия определяется, прежде всего, транспортными расходами на доставку материальных ресурсов.

Расстановка приоритетов при выборе поставщика зависит от очень большого числа факторов и, прежде всего, от маркетинговой и логистической стратегий предприятия-производителя. Укрупненно их можно свести к трем основным: цена, качество, сервис и надежность поставок материальных ресурсов.

Фактор цены как самих материальных ресурсов, так и затрат, связанных с управлением закупками, является преобладающим для большинства предприятий АПК, так как напрямую определяют прибыль. Поэтому прежде всего поставщики отбираются по ценовому критерию. Учет ценового фактора в решениях по выбору поставщика означает выбор наилучшей цены материальных ресурсов, которая не всегда совпадает с минимальной.

Системе установленных критериев может отвечать несколько поставщиков. Тогда необходимо их ранжировать, используя непосредственные контакты с представителями поставщиков.

3. Оценка результатов работы с поставщиками

На выбор поставщика существенное влияние оказывают результаты работы по уже заключенным договорам. Для этого разрабатывается специальная шкала оценок, позволяющая рассчи-

тать рейтинг поставщика. На первое место при выборе поставщика будет поставлен критерий надежности поставки. Значимость остальных критериев, устанавливаемая так же, как и значимость первого, экспертным путем сотрудниками службы снабжения. Итоговое значение рейтинга определяется путем суммирования произведений значимости критерия на его оценку для данного поставщика. Рассчитывая рейтинг для разных поставщиков и сравнивая полученные значения, определяют наилучшего партнера. Поэтому выбор поставщика представляет собой многократную оптимизацию или оптимизацию по Парето.

Обмен ресурсами предполагает наличие двух взаимозаинтересованных сторон: поставщика (продавца) и получателя (покупателя). Обе стороны выступают как экономически обособленные, самостоятельные субъекты, взаимодействующие на условиях взаимной выгоды. Применительно к материально-техническому обеспечению предприятия АПК это означает приобретение таких ресурсов производства, которые при их эффективном производственном потреблении позволяют изготовить определенную продукцию большей ценности, не только возместив соответствующие затраты на их приобретение и использование, но и принеся прибыль.

Эффективность процесса управления закупками определяется, прежде всего, наилучшим использованием финансовых, материальных и других видов ресурсов, что требует решения большого количества оптимизационных задач. Решение таких задач представляет значительную сложность, поэтому на практике прибегают к определенному набору рациональных методов управления закупками [2, с. 234–240].

Одной из типичных задач является определение объемов закупаемых материальных ресурсов и времени их оплаты. Для этого требуется оценить транспортные расходы, затраты на содержание запасов и определиться по ценам закупаемых материальных ресурсов. Здесь возможны несколько стратегий. Одна из стратегий заключается в покупке материальных ресурсов к моменту их непосредственного потребления и отвечает идеологии *just-in-time*. Альтернативной ей стратегией является покупка вперед (форвардная сделка), типичная для операций с форвардными контрактами на товарных биржах.

Еще одной распространенной ценовой стратегией закупок является стратегия осреднения цены. Эта стратегия похожа на стратегию форвардных сделок, однако здесь не накладываются ограничения на сезонные колебания цен, а предполагается, что цены в течение года возрастают случайным образом.

Среди других решений по оптимизации процедуры закупок можно отметить различные стратегии ценовых скидок. Основа этих стратегий заключается в том, что поставщики материальных ресурсов в большинстве случаев предлагают скидки, если товар закупается большими партиями.

Важным компонентом управления закупками является установление так называемых транзакционных взаимоотношений между поставщиками и потребителями материальных ресурсов, т.е. оформление контрактов, проведение конкурсных торгов, аукционов и т.п.

Оптимизация закупок должна предусматривать отслеживание конъюнктуры оптового рынка с целью поиска и выбора таких поставщиков, которые могли бы наилучшим образом удовлетворить требования предприятия-потребителя. Эти требования для данного предприятия обусловлены действием его организационно-экономического механизма.

Рациональное использование материальных ресурсов может достигаться не только на предприятии-производителе, но и у предприятий-потребителей. Поэтому при поставках важную роль в информировании потребителей о новых видах продукции, экономичной продукции, об услугах играет реклама. Реклама должна содержать точную и достоверную информацию о предлагаемой продукции в виде технических характеристик, технологических свойств, эксплуатационных данных - все это является предметом тщательного изучения.

Таким образом, отделы снабжения предприятий АПК должны быть ведущим звеном ресурсосберегающего механизма, при этом основным содержанием их деятельности является выполнение транзакционных операций по оптимизации хозяйственных связей по поставкам продукции и, прежде всего, изучение рекламной информации и коммерческих предложений потенциальных поставщиков.

Из этого следует, что организационно-экономический механизм ресурсосбережения предусматривает выполнение обширного комплекса транзакционных операций, которые в целом направлены на оптимизацию закупок и использования материальных ресурсов, т. е. ресурсосбережение начинается вне предприятия, на рынке при закупках. Данное обстоятельство объективно предопределяет необходимость и целесообразность применения инструментария коммерческой логистики для обеспечения требования ресурсосбережения в современной конкурентной среде.

Список использованных источников

1. Гаджинский, А. М. Логистика: Учебник / А. М. Гаджинский – 20-е изд. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2012. - 532 с.
2. Сергеев, В. И. Менеджмент в бизнес-логистике. – М. : Информационно-издательский дом «ФИЛИНЪ», 1997. – 772 с.
3. Чеботаев, А. А. Логистика: Логистические технологии. – М. : Дашков, 2002. – 172 с.

А. И. Петрашев, д-р техн. наук, **В. В. Клепиков**, канд. техн. наук

*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники
и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»
г. Тамбов, Российская Федерация
e-mail: vitin-10.pet@mail.ru*

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РАСХОД СОСТАВА ПРИ ПНЕВМАТИЧЕСКОМ НАНЕСЕНИИ

Аннотация: Получена зависимость, устанавливающая связь расхода масляного консервационного состава с его вязкостью, давлением в напорном баке, длиной и диаметром шланга, диаметром сопла краскораспылителя. Определена степень влияния указанных факторов на расход состава при их изменении.

Ключевые слова: консервация машин, масляный состав, расход, давление нагнетания, пневматический краскораспылитель.

A. I. Petrashev, Grand Phd in Engineering sciences, V. V. Klepikov, Phd in Engineering sciences

*FSBSI «All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture»,
Tambov, Russia
e-mail: vitin-10.pet@mail.ru*

INFLUENCE OF CONSTRUCTIONAL -TECHNOLOGICAL FACTORS ON THE FLOW OF COMPOSITION UNDER PNEUMATIC APPLICATION

Abstract: Dependency obtained which establishes a relationship between the flow oil composition for conservation and its viscosity, pressure in the pressure tank, length and diameter of the hose, diameter of the nozzle of the spray gun. The degree of influence of these factors on the flow of the composition when they change determined.

Keyword: machine conservation, oil composition, flow, compression pressure, pneumatic spray gun.

Введение

Необходимость защиты сельскохозяйственной техники консервационными покрытиями на срок до 1 месяцев вызвана сезонностью ее эксплуатации и длительным бездействием [1, 2]. Производительность консервации машин зависит от применяемого оборудования и номинального расхода наносимого консервационного материала. В практике противокоррозионной защиты сельхозмашин в качестве консервационного материала используют загущенные масляные составы, получаемые смешиванием отработанных машинных масел с ингибирующей присадкой или пушечной смазкой [3].

Результаты исследований

Вязкость масляного состава, параметры оборудования для его нанесения влияют на величину номинального расхода. В расчетах номинального расхода Q_r состава (г/с) при нанесении пневматическим краскораспылителем следует учитывать, как технологические факторы: диаметр пятна факела распыления – D (м), скорость перемещения краскораспылителя – U_p (м/с), коэффициент перекрытия смежных полос – k_n , так и требуемый уровень защиты техники, определяемый нормативом расхода состава – A_r (г/м²), экономичность процесса нанесения, учитываемая коэффициентом потерь состава – k_n :

$$Q_r = k_n A_r U_p D (1 - k_n). \quad (1)$$

По формуле (1) для скорости $U_p = 0,3 \text{ м/с}$, коэффициентов $k_n = 1,25$ и $k_n = 0,25$, ширины факела $D = 0,1 \text{ м}$, нормативов расхода $A_r = 70 \dots 360 \text{ г/м}^2$ определен диапазон значений номинальных расходов Q_r масляных составов при нанесении пневматическими краскораспылителями: от 2 до 10 г/с. Анализ технических характеристик пневматических краскораспылителей показал, что максимальная производительность нанесения достигается при подаче составов из напорных баков. Например, у краскораспылителя СО-71 предельная величина расхода состава при работе с напорным баком равна 11 г/с и охватывает весь диапазон номинальных расходов.

Для того чтобы подвести состав из напорного бака в краскораспылитель по шлангу с номинальным расходом Q_r , необходимо в бак подать сжатый воздух с давлением нагнетания не ниже номинального – P . Энергия давления сжатого воздуха тратится в процессе течения состава на преодоление им гидравлических сопротивлений напорной магистрали, включающей шланг подачи, патрубки и штуцеры, а также в каналах и сопле краскораспылителя. Гидравлические потери давления зависят как от геометрических параметров напорной магистрали и краскораспылителя, так и от реологических свойств масляного состава. В работе [4] приведена степенная эмпирическая формула, связывающая давление нагнетания P_3 и расход состава:

$$P_3 = Kq^b,$$

где P_3 – давление нагнетания, определяемое по степенной формуле, МПа; q – объемный расход состава, мл/с; K – степенной коэффициент давления, МПа/(мл/с); b – показатель расхода.

Расход состава по объему q (мл/с) связан с расходом по массе Q_r (г/с) формулой:

$$q = \frac{Q_r}{\rho} = \frac{Q_r}{0,001\rho_k},$$

где ρ – плотность состава в г/см³; ρ_k – плотность состава в кг/м³.

Степенная формула представляется удобной для экспериментального определения взаимосвязи расхода q состава с давлением P_3 его нагнетания из напорного бака. Однако, эмпирические зависимости, рассчитанные по ней, являются частными и применимы только для конкретных конструктивных параметров оборудования и реологических характеристик составов. Любые изменения вязкости состава, длины или диаметра шланга сопряжены с проведением новых экспериментальных исследований.

В работах [5, 6] дается обобщенная формула для расчета давления нагнетания масляного состава, а также результаты оценки гидравлических сопротивлений напорной магистрали и краскораспылителя. Авторы установили, что при номинальном расходе состава 6 г/с, примерно 95 % от номинального давления теряется в шланге длиной 10 м и в сопле краскораспылителя диаметром 1,8 мм.

На основе этих данных упростим обобщенную формулу, исключив из нее расчеты малозначимых потерь давления в патрубках, штуцерах и каналах краскораспылителя. Малозначимую часть потерь давления учтем повышающим коэффициентом – 1,1, а давление нагнетания P_k (Па) определим по формуле:

$$P_k = 1,1 (\Delta P_{ш} + \Delta P_c), \quad (2)$$

где $\Delta P_{ш}$ – потери давления в шланге, Па; ΔP_c – потери давления при истечении состава из сопла краскораспылителя, Па.

Если размерность расхода состава привести к системе СИ и оценивать в (м³/с), то для расчета потерь давления в шланге подходит формула из [5]:

$$\Delta P_{ш} = 2q_k \rho_k v_k (\lambda \cdot \text{Re}) \frac{L_{ш}}{\pi d_{ш}^4}, \quad (3)$$

где q_k – номинальный расход состава, м³/с: $q_k = 0,001Q_r/\rho_k$; $L_{ш}$, $d_{ш}$ – длина и диаметр шланга подачи, м; λ – коэффициент гидравлического сопротивления; Re – число Рейнольдса для шланга; v_k – вязкость состава кинематическая, м²/с.

В работе [7] для гидравлических расчетов маслопроводов рекомендована величина произведения $(\lambda Re) = 75$. С учетом этой рекомендации уточним формулу (3):

$$\Delta P_{\text{ш}} = 150 q_{\text{к}} \rho_{\text{к}} \nu_{\text{к}} \frac{L_{\text{ш}}}{\pi d_{\text{ш}}^4}. \quad (4)$$

В работе [8] обоснована формула для расчета потерь давления в сопле

$$\Delta P_{\text{с}} = \frac{120 q_{\text{к}} \rho_{\text{к}} \nu_{\text{к}}}{\pi d_{\text{с}}^3} + \frac{13,6 q_{\text{к}}^2 \rho_{\text{к}}}{\pi^2 d_{\text{с}}^4}, \quad (5)$$

где $d_{\text{с}}$ – диаметр сопла, м.

Первое слагаемое учитывает влияние вязкости на потери давления в сопле, длина которого равна его диаметру. Второе слагаемое учитывает затраты давления в сопле на увеличение кинетической энергии истекающего состава.

Подставляем выражения (4) и (5) в (2) и после преобразований получаем уравнение, устанавливающее связь давления нагнетания с расходом состава, его вязкостью и плотностью, длиной и диаметром шланга, диаметром сопла краскораспылителя:

$$P_{\text{к}} = 165 \frac{q_{\text{к}} \rho_{\text{к}} \nu_{\text{к}} L_{\text{ш}}}{\pi d_{\text{ш}}^4} + \frac{132 q_{\text{к}} \rho_{\text{к}} \nu_{\text{к}}}{\pi d_{\text{с}}^3} \left(1 + \frac{0,113 q_{\text{к}}}{\pi d_{\text{с}} \nu_{\text{к}}} \right). \quad (6)$$

В первом слагаемом уравнения (6) учитывается влияние параметров шланга, а во втором – сопла. Для графической интерпретации этого уравнения зададим значения входящих в него показателей: плотность состава $\rho_{\text{к}} = 9 \cdot 10^2$ кг/м³ (0,9 г/мл); кинематическая вязкость состава $\nu_{\text{к}} = 4 \cdot 10^{-4}$ м²/с (40 мм²/с); длина шланга $L_{\text{ш}} = 10$ м; диаметр шланга $d_{\text{ш}} = 10^{-2}$ м (10 мм); диаметр сопла $d_{\text{с}} = 1,8 \cdot 10^{-3}$ м (1,8 мм); диапазон расхода $q_{\text{к}} = (2 \dots 10) \cdot 10^{-6}$ м³/с или 2...10 мл/с. Результаты расчета, отражающие влияние расхода q состава на потери давления в шланге ($\Delta P_{\text{ш}}$), сопле ($\Delta P_{\text{с}}$) и суммарно ($P_{\text{к}}$), наглядно показаны на рис. 1.

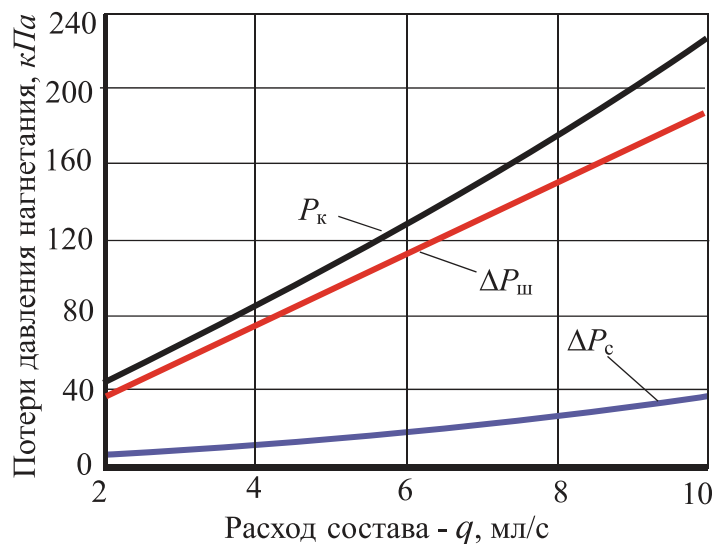


Рис. 1. – Зависимость потерь давления нагнетания от расхода состава

Как видим, при увеличении расхода состава в 5 раз (от 2 до 10 мл/с) суммарные потери давления нагнетания $P_{\text{к}}$ возросли в 5,3 раза (от 43 до 230 кПа). Опережающий темп прироста потерь давления в сопле относительно расхода обусловлен наличием квадратичной зависимости между ними.

Для установления влияния параметров процесса нагнетания состава на его расход, формулу (6) представим в виде квадратичного уравнения:

$$\left(\frac{15}{\pi d_c^4}\right)q_k^2 + v_k \left(165 \frac{L_{ш}}{\pi d_{ш}^4} + \frac{132}{\pi d_c^3}\right)q_k - \frac{\pi P_k}{\rho_k} = 0$$

Действительным корнем решения данного квадратичного уравнения является выражение:

$$q_k = \pi \cdot \sqrt{v_k^2 \left(5,5L_{ш} \frac{d_c^4}{d_{ш}^4} + 4,4d_c\right)^2 + \frac{\pi P_k}{\rho_k}} - \pi \cdot v_k \left(5,5L_{ш} \frac{d_c^4}{d_{ш}^4} + 4,4d_c\right). \quad (7)$$

Зависимость (7) устанавливает связь расхода q_k ($\text{м}^3/\text{с}$) состава с его вязкостью v_k ($\text{м}^2/\text{с}$) и плотностью ρ_k ($\text{кг}/\text{м}^3$), с давлением нагнетания P_k (Па), диаметром сопла d_c (м), с длиной $L_{ш}$ (м) и диаметром $d_{ш}$ (м) шланга. В ней просматривается прямая связь расхода состава только с давлением нагнетания. Степень влияния других параметров уравнения (7) на расход q состава выражена не явно. Для того, чтобы ее раскрыть, были проведены вычисления. В качестве базовых были приняты следующие значения параметров: $L_{ш} = 10$ м, $d_{ш} = 10$ мм, $d_c = 1,8$ мм; $v_k = 400$ мм²/с. Расчеты показали, что при давлении нагнетания $P_k = 200$ кПа величина базового расхода состава – $q_6 = 8,8$ мл/с.

В случае уменьшения длины шланга относительно базовой с 10 до 5 м (в 2 раза), расход состава повысится до $q_L = 14,4$ мл/с, т.е. возрастет на 63,6 % в сравнении с базовым. Если вязкость состава снизить с 400 до 200 мм²/с (в 2 раза), то расход состава повысится до $q_v = 15,6$ мл/с, т.е. возрастет на 77,3 % относительно базового. Однако, уменьшать длину шланга не желательно, так как ухудшается доступность оператора к консервируемым узлам машины. Снижение вязкости масляного состава за счет введения растворителя тоже не рекомендуется, так как уменьшается толщина наносимого покрытия и, как следствие, ослабляются его защитные свойства.

Оценка степени влияния диаметра сопла краскораспылителя и диаметра шланга на расход состава показана на рисунке 2. Здесь график q_6 характеризует изменение базового расхода q_6 состава от давления нагнетания P_k (рис. 2).

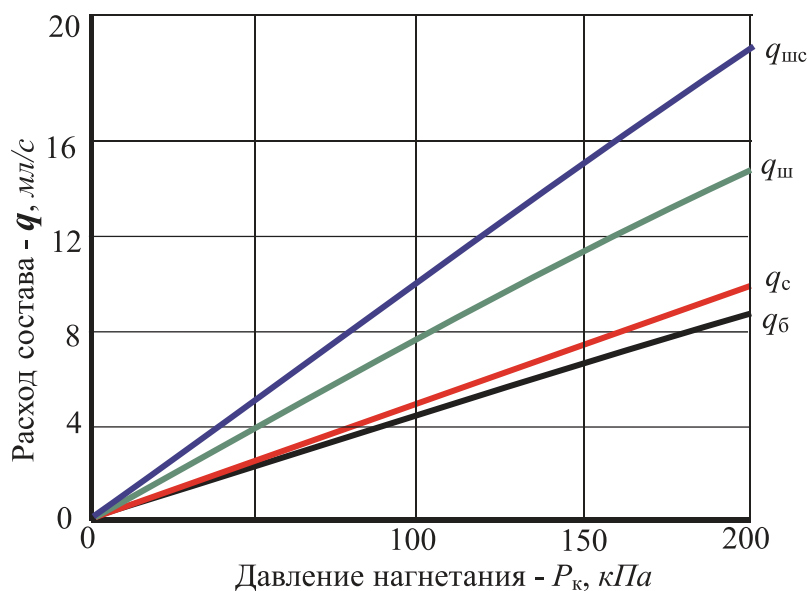


Рис. 2. – Изменение расхода q состава, исчисленного по формуле (7) в зависимости от давления нагнетания P_k : q_6 – для базовых значений параметров сопла, шланга и вязкости состава; q_c – при увеличении диаметра сопла в 1,4 раза; $q_ш$ – при увеличении диаметра шланга в 1,2 раза; $q_шс$ – при увеличении диаметров сопла (в 1,4 раза) и шланга (в 1,2 раза)

График q_c указывает на повышение расхода при увеличении диаметра сопла относительно базового с 1,8 до 2,5 мм (рост площади сечения сопла в 1,93 раза). При давлении нагнетания $P_k = 200 \text{ кПа}$ расход состава повысится до $q_c = 9,9 \text{ мл/с}$, т.е. возрастет на 12,5 % в сравнении с базовым.

График $q_{ш}$ указывает на повышение расхода при увеличении диаметра шланга относительно базового с 10 до 12 мм (рост площади сечения шланга в 1,44 раза). При давлении нагнетания $P_k = 200 \text{ кПа}$ расход состава повысится до $q_{ш} = 14,7 \text{ мл/с}$, т.е. возрастет на 67 % в сравнении с базовым.

В случае одновременного увеличения диаметра шланга с 10 до 12 мм и диаметра сопла с 1,8 до 2,5 мм, расход состава (график $q_{шс}$) при давлении 200 кПа повышается с 8,8 до 18,6 мл/с, т.е. возрастает на 111,4 % (или в 2,1 раза) по отношению к базовому.

Заключение

Применительно к техпроцессу пневматического нанесения масляного консервационного состава получена формула, устанавливающая функциональную связь расхода состава с его вязкостью, давлением нагнетания, длиной и диаметром шланга подачи, диаметром сопла краскораспылителя.

Результаты выполненного исследования свидетельствуют о существенном приросте расхода состава (в 2,1 раза) при одновременном увеличении диаметра шланга подачи с 10 до 12 мм и диаметра сопла краскораспылителя с 1,8 до 2,5 мм.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18–16–00006

Список использованных источников

1. Справочник фермера / Кузьмин, В. Н., Федоренко, В. Ф., Мишуров, Н. П. и др. – М.: Изд-во «Росинформагротех», 2017. – 708 с.
2. Петрашев, А. И. Пневматическая установка для нагрева и распыления вязких красок и мастик в условиях АПК // Практика противокоррозионной защиты. 2001. № 4 (22). – С. 23–26.
3. Петрашев, А. И., Князева, Л. Г., Клепиков, В. В. Технологические решения по консервации сельскохозяйственной техники отработанными моторными маслами // Труды ГОСНИТИ. 2013. Т. 112. № 2. – С. 61–65.
4. Штеренлихт, Д. В. Гидравлика. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 640 с.
5. Петрашев, А. И. Распределение гидравлических потерь давления в напорной магистрали при течении консервационной жидкости // Наука в центральной России. 2018. № 2. – С. 92–100.
6. Петрашев, А. И. Гидравлические основы технологического процесса нанесения консервационного состава // Наука в центральной России. 2020. № 2 (44). – С. 83–92
7. Гейер, В. Г., Дулин, В. С., Заря, А. Н. Гидравлика и гидропривод. – М.: Недра, 1991. – 331 с.
8. Петрашев, А. И., Таха, Ф. Д. Совершенствование технологии нанесения защитных покрытий при постановке техники на хранение / Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Международной научно-технической конференции, в 2 т. – Минск: Изд-во РУП «НПЦ НАН Беларуси по мех. сел. хозяйства», т. 2, 2015. – С. 146–153.

Л. М. Цой, д-р экон. наук, проф.

*ИМЖ-филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
E-mail: vniimzh@mail.ru*

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОРМЛЕНИЯ СВИНЕЙ

Аннотация: В статье представлены материалы о тенденции развития технических средств для раздачи кормов на свиноводческих предприятиях. Показаны технические средства, используемые для раздачи сухих и жидких кормов, их технические характеристики, преимущества и недостатки различных типов кормления. Изложены материалы об особенностях кормления свиней на современном этапе развития. Показана необходимость учета особенностей каждой половозрастной группы свиней при их кормлении. Высказано пожелание о необходимости импортозамещения технической базы для кормления свиней, так как без собственной системы машин для кормления свиней невозможно говорить о полной продовольственной безопасности страны. Уровень импортной техники для кормления свиней составляет более 90 % и по удельному весу поставляемой техники для механизации технологических процессов в свиноводстве превышает 80 %. Правильное кормление свиней – это основное условие полного использования генетического потенциала свиней.

Ключевые слова: корма, технология, типы кормления, раздатчики кормов, сухие корма, жидкие корма, эффективность.

L. M. Tsoi, *doctor of economical sciences*

IMJ-filial of FGBNY FNAC VIM

DEVELOPMENT TRENDS OF TECHNICAL EQUIPMENT FOR FEEDING PIGS

Abstract: The article presents materials on the development trend of technical means for distributing feed at pig-breeding enterprises. The technical means used for distributing dry and liquid feeds, their technical characteristics, advantages and disadvantages of various types of feeding are shown. Materials on the features of feeding pigs at the present stage of development are presented. The necessity of taking into account the characteristics of each sex and age group of pigs during their feeding is shown. A desire was expressed on the need for import substitution of the technical base for feeding pigs, since without our own system of machines for feeding pigs it is impossible to talk about the complete food security of the country. The level of imported equipment for feeding pigs is more than 90 % and the specific gravity of the supplied equipment for mechanization of technological processes in pig breeding exceeds 80 %. Proper feeding of pigs is the main condition for the full use of the genetic potential of pigs.

Keywords: feed, technology, feeding types, feed distributors, dry feed, liquid feed, efficiency.

Введение

Эффективность работы свиноводческих предприятий во многом зависит от рационального кормления свиней, обеспечивающего использование генетического потенциала животных. В структуре себестоимости свинины корма составляют свыше 60 % в общих затратах. Поэтому к техническим средствам для раздачи кормов предъявляются жесткие технологические требования по соблюдению зоотехнических норм.

Технические средства для раздачи кормов должны обеспечивать требуемый уровень равномерности – не менее 90 % мобильные кормораздатчики и не менее 99 % стационарные системы кормления свиней. Каждая половозрастная группа свиней должна получить соответствующую их биологическим потребностям дозу корма.

Современные технические системы кормления свиней представляют собой сложную конструктивную схему с элементами автоматики и программного управления процессом раздачи кормов. Знание тенденций развития технических средств для кормления свиней необходимо для

планирования и прогнозирования обеспечения свиноводческих предприятий перспективной техникой для раздачи кормов, соответствующих современным требованиям.

На современном этапе приоритетным направлением в механизации процесса кормления свиней являются стационарные системы раздачи кормов на базе различных технологических решений. В целом стационарные системы раздачи кормов в свиноводстве можно условно разделить на два блока: системы кормления сухими кормами и системы кормления жидкими кормами.

При этом оборудование для сухого типа кормления легче в эксплуатации и обслуживании, а также несколько дешевле, чем оборудование для жидкого кормления. Сухой тип кормления отличают более низкие инвестиционные затраты и высокое санитарно-гигиеническое состояние свинарника.

Однако жидкие корма позволяют добиться более высоких привесов, так как они более соответствуют физиологии животных. При жидком типе кормления легче вводить дополнительные компоненты в скармливаемую смесь.

Для транспортирования сухого комбикорма используются шнековые (спиральные) и цепочно-шайбовые транспортеры закрытого типа (в пластмассовой или металлической трубе). Благодаря тому, что транспортер располагается в замкнутом контуре, корм защищается от соприкосновения с внешней средой и не доступен для несанкционированного изъятия. Такие кормопроводы достаточно гибки и эластичны. Они могут изгибаться до 90°, что позволяет размещать их в здании любой конфигурации.

По сравнению с шайбовыми, шнековые (спиральные) транспортеры надежнее в случае, если в комбикорм попадают посторонние предметы (камни, болты и др.).

Основные технические характеристики спиральных и цепочно-шайбовых транспортеров представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1. – Производительность спиральных транспортеров при использовании разных параметров комбикормовых труб

Показатель	Модель 55	Модель 75	Модель 90	Модель 125
Диаметр трубы, мм	55	75	90	125
Производительность, кг/ч	450	1400	2500	4500
Максимальная длина отдельной системы, м	65	55	45	45

Таблица 2. – Производительность цепочно-шайбовых транспортеров при использовании разных параметров комбикормовых труб

Показатель	Модель 45	Модель 63
Диаметр трубы, мм	45	63
Производительность, кг/ч	450	1000

К основным достоинствам автоматизированной системы раздачи сухого корма следует отнести экономичность и ресурсосбережение, простоту эксплуатации, значительное сокращение доли ручного труда, возможность работы в автоматическом режиме.

В настоящее время кормление из длинных кормушек практически не применяется. Наиболее предлагаемыми на рынке свиноводческого оборудования являются круглые кормушки с дозаторами и встроенными ниппелями. Их конструкции практически идентичны: рама с круглым или прямоугольным основанием (кормовой лоток), на которое высыпается корм, и закрепленная на ней емкость для корма в виде трубы или перевернутого конуса с расположенным внизу дозатором.

Оптимально, чтобы одна кормушка на откорме и дорастивании обслуживала не менее 60 голов. Это снижает затраты на установку всей системы кормления.

В отличие от кормушек традиционной прямоугольной формы с одним или двумя кормовыми местами, круглые позволяют кормить до 70 голов. К тому же потери корма снижаются до 0,5–1,0 %, а гранулированного – практически до нуля. Ограждение кормовой тарелки не позволяет животным заступать на нее.

Расположение nippleной поилки под углом 45° и на технологической высоте над тарелкой 45 и 65 см, дает возможность избежать ухудшения ветеринарной обстановки в свиарнике. А наличие в тарелке дренажных отверстий позволяет держать ее сухой.

В последние годы все популярнее становится жидкое кормление свиней. В Западной Европе жидкие корма наиболее распространены в Ирландии (около 90 % поголовья). Также достаточное распространение жидкие корма имеют в Германии, Дании и Нидерландах, где такой корм получает около 50 % поголовья. Набирает популярность жидкое кормление и на американском континенте.

Сторонники жидкого кормления свиней отмечают следующие его преимущества [1]:

1. Использование пищевых отходов.
2. Точное дозирование.
3. Сокращение времени раздачи.
4. Контроль результатов.
5. Меньше распыления.
6. Высокий стандарт гигиены.
7. Использование собственных кормовых компонентов.

Кормление жидкими кормами приводит к увеличению затрат энергии на выделение избытка воды из организма животного. Вместе с тем кормление свиней жидкими кормами имеет ряд преимуществ технического характера: уменьшение расхода средств на транспортировку кормов, возможность равномерного распределения в кормах любых добавок, механизация и автоматизация процессов приготовления и раздачи кормов, снижение потребности животных в питьевой воде. Указанные достоинства проявляются только при использовании полнорационных комбикормов, при надлежащем обеспечении микроклимата в помещении (влажность 40–70 %).

В условиях интенсивного производства технология кормления свиней должна учитывать нормы и полноценность рационов, качество кормов. Наибольший экономический эффект дает такой корм, который не только по составу и норме, но и по физическому состоянию наиболее соответствует физиологии свиней. Для свиней оптимальная влажность кормов – 65–75 %, которая достигается разведением сухого комбикорма водой в соотношении 1:2–1:3. Увеличение влажности до 80–90 % ведет к потере 3–11 % питательности корма, снижению скорости роста молодняка.

Суммируя все эти аргументы, специалисты отмечают, что система жидкого кормления в сравнении с сухим кормлением отличается гораздо большей гибкостью.

Система жидкого кормления многих зарубежных фирм (в частности, компании *Weda*) с помощью кольцевой линии за короткое время обеспечивает подачу больших объемов кормовой смеси на различные расстояния и тем самым рационально обслуживает большое и малое поголовье животных.

Простейшее исполнение системы жидкого кормления включает в себя резервуар для замешивания корма с мешалкой, подающий насос, кольцевой трубопровод с управляемыми клапанами для подачи корма. Готовый корм вытекает через выпускные воронки. Для управления подачей готовой смеси используются электропневматические мембранные клапаны.

При использовании для приготовления жидкого корма сухих кормов целесообразно использовать медленно вращающиеся лопасти (60–100 об/мин.) больших размеров, установленные на вертикальной или горизонтальной оси [2].

Несмотря на достаточно высокую стоимость оборудования зарубежных фирм, следствием чего являются значительные общие эксплуатационные издержки при их использовании, обеспечение высоких показателей продуктивности свиней позволяет в целом снизить удельные показатели затрат на эксплуатацию. Высокая продуктивность при жидком кормлении свиней обеспечивается за счет высокой точности дозировок различных компонентов кормовой смеси, раздачи корма без остатка. Высокая точность раздачи кормов обеспечивается за счет компьютерной системы управления по заранее запрограммированным периодам кормления. Контроль за выполнением всех производственных процессов на всех участках происходит из центральной системы управления. Жидкое кормление свиней позволяет осуществлять как нормированное кормление, так и кормление «вволю».

Интенсивное развитие свиноводства в последние годы достигнуто в основном за счет внедрения зарубежных технологий и технических средств. Доля импорта в структуре рынка оборудования достигла более 90 %. Доминирующий объем (почти 80 %) в номенклатуре поставляемых машин и оборудования приходится на технику для кормления свиней. Если вопрос импортозамещения продукции свиноводства практически решен, то вопрос импортозамещения технической базы свиноводческих предприятий остается открытым. На первом этапе необходимо освоить выпуск отечественных комплектов машин для кормления свиноматок с поросятами на участке опороса, затем наладить выпуск комплектов машин для кормления поросят-отъемышей и заключительного откорма. Это позволит обеспечить на 50 % импортозамещение технической базы свиноводческих предприятий на данном этапе развития.

Выводы

Современные технические системы раздачи кормов являются сложными конструктивными системами, обеспечивающими кормление свиней по заданной программе. Анализ тенденций развития этих систем показал, что в последние годы популярным становится жидкое кормление, которое обеспечивает более высокие показатели продуктивности по сравнению с сухим кормлением, что в современных условиях развития свиноводства является определяющим в повышении эффективности производства свинины. В условиях острой конкуренции среди производителей свинины на внутреннем и внешнем рынках решающим условием создания конкурентоспособной продукции является повышение продуктивности свиней за счет более полного использования генетического потенциала животных путем использования сбалансированных по питательной ценности кормов. А этим условиям в наибольшей степени отвечают жидкие корма с оптимальной влажностью.

Список использованных источников

1. Семь аргументов в пользу жидкого кормления ж. Свиноводство. – 2015. Ноябрь–декабрь. – С. 17–19.
2. Технологии и оборудование для свиноводства / справочник // М, Росинформагротех. – 2013. – 169 с.
3. Уткин, А. А. Механизированные системы кормления свиней / Подольск. – 2011. – 225 с.

С. Н. Сазонов, д-р техн. наук, проф.

*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»,
г. Тамбов, Россия
E-mail: snsazon@mail.ru*

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ СРЕДНЕСУТОЧНОЙ ЗАНЯТОСТИ ФЕРМЕРА НА ПОЛЕВЫХ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ РАБОТАХ

Аннотация: Рассмотрена структура суточного рабочего времени фермера при выполнении полевых механизированных работ. Определена фактическая производительность техники в фермерских хозяйствах.

Ключевые слова: фермерские хозяйства, использование техники, рабочее время, производительность сельскохозяйственной техники

S. N. Sazonov, Full Doctor of Technical Sciences, professor

*FGBNU «All-Russian Research Institute of Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture»
Tambov, Russia
E-mail: snsazon@mail.ru*

RESULTS OF THE STUDY OF THE STRUCTURE OF THE AVERAGE DAILY EMPLOYMENT OF FARMERS IN FIELD MECHANIZED WORK

Abstract: The structure of the daily working time of the farmer in the field of mechanized work is considered. The actual productivity of equipment in farms is defined.

Keywords: farms, use of machinery, working hours, productivity of agricultural machinery

Введение

Структура затрат времени использования машинно-тракторных агрегатов во многом предопределяет интенсивность использования техники в крестьянских (фермерских) хозяйствах (КФХ). В свою очередь, структура затрат времени использования машинно-тракторных агрегатов неразрывно связана со структурой суточного рабочего времени самого фермера. В отличие от наемного работника, например тракториста, который сосредоточен только на выполнении своих прямых трудовых обязанностей в рамках некоего оговоренного времени смены, фермер – это и работник, и организатор производства, и глава семьи. Подобная многофункциональность неизбежно сказывается на структуре его рабочего времени [1,2]. Исходя из изложенного, цель работы – установить структуру суточного рабочего времени фермера, используя данные многолетнего мониторинга их деятельности в Тамбовской области [3–7].

Изначальная полифункциональность фермера имеет как положительные, так и отрицательные стороны. В частности, в индивидуальном фермерском хозяйстве, где не применяется наемный труд, продолжительность труда не регламентирована и определяется только физическими возможностями фермера. Естественно, физические возможности фермера далеко не безграничны. Анализ хронометражных наблюдений позволил установить, что среднесуточная занятость фермеров (T_c) в период весенне-полевых работ в среднем составляет 9,8 часа (модальное значение – 10,5; среднеквадратическое отклонение – 1,9; коэффициент вариации – 0,19; закон распределения – нормальный; плотность вероятности.; критерий χ^2 – 1,94; вероятность (P) – 0,95).

В результате многолетнего мониторинга деятельности КФХ Тамбовской области, установлены корреляционные зависимости, описывающие затраты времени на выполнение отдельных видов работ.

В условиях индивидуального крестьянского (фермерского) хозяйства суточная занятость фермера на выполнении полевых механизированных работ (T_c) описывается зависимостью

$$T_c = 407,53 - 0,294 \cdot T_1 + 0,202 \cdot T_{вс} + 0,833 \cdot T_{пз} - 0,077 \cdot T_{обс} \quad (1)$$

где T_1 – время основной работы, ч; $T_{вс}$ – вспомогательное время, ч; $T_{пз}$ – подготовительно-заключительное время, ч; $T_{обс}$ – время организационно-технического обслуживания, ч.

Коэффициент множественной корреляции, представленного аналитического выражения, составил $R_m=0,87$, средняя относительная погрешность отклонения теоретических значений от эмпирических – 5,83 %. Таким образом, полученную корреляционную связь можно считать существенной.

Полученные результаты анализа, которые представлены в таблице 1, показывают, что наиболее весомыми являются затраты времени на подготовительно-заключительные работы, они на 78,56 % определяют величину суточной занятости фермера. Влияние времени основной работы оценивается только в 15,91 %.

Таблица 1. Параметры корреляционной зависимости

Фактор	Среднее значение	Коэффициенты		
		корреляции R	эластичности	весомости
T_1	150	-0,251	0,0751	15,91
$T_{вс}$	54	0,185	0,0184	3,91
$T_{пз}$	261	0,874	0,3705	78,56
$T_{обс}$	58	0,608	0,0076	1,62

Для оценки влияния изменения каждого из указанных факторов на результативную переменную (T_c) получены парные зависимости. Так, взаимосвязь наиболее весомого фактора ($T_{пз}$) и суточной занятости фермера запишется в виде

$$T_c = -0,01 \cdot T_{пз}^2 + 7,69 \cdot T_{пз} - 666,69 \quad (2)$$

Средняя относительная погрешность отклонения теоретических значений от эмпирических составила $h=2,35$ %, что позволяет считать эти отклонения несущественными.

Определим оптимальное значение фактора $T_{пз}$.

$$\frac{dT_c}{dT_{пз}} = -0,02 \cdot T_{пз} + 7,69 = 0 \quad \text{Или} \quad T_{пз_{opt}} = 384,5.$$

Аналогично получены зависимости для остальных факторов (см. табл.2)

Таблица 2. Зависимость среднесуточной занятости фермера от составляющих затрат времени при индивидуальной работе

Аналитическое выражение	Оптимум		Интервалы изменения T_c	
	T_1	T_c	возрастания	убывания
$T_c = 1003 \cdot e^{2 \cdot 10^{-5} \cdot T_1^2 - 0,007 \cdot T_1}$	172	548	$T_1 > 172$	$T_1 < 172$
$T_c = 51,35 \cdot T_{вс}^{0,8} \cdot e^{-0,012 T_{вс}}$	67	759	$T_{вс} < 67$	$T_{вс} > 67$
$T_c = -0,01 \cdot T_{пз}^2 + 7,69 \cdot T_{пз} - 666,7$	385	812	$T_{пз} < 385$	$T_{пз} > 385$
$T_c = 447 \cdot e^{-3,8 \cdot 10^{-5} \cdot T_{обс}^2 + 0,007 \cdot T_{обс}}$	97	616	$T_{обс} < 97$	$T_{обс} > 67$

Но величины среднесуточной занятости фермера при выполнении полевых механизированных работ напрямую зависят от вида выполняемой технологической операции. На основе исходных данных, полученных в результате хронометражных измерений, построены диаграммы удельных их показателей (в процентах) в зависимости от вида технологической операции (рис. 1).

Как следует из данных, представленных на диаграммах, время основной работы при индивидуальном использовании машинно-тракторных агрегатов (последовательный метод выполнения полевых механизированных работ) составляет в среднем 26,4 % от суточной занятости фермера. При этом диапазон варьирования данного показателя составляет от 12,6 % на уборке зерновых до 40,2 % на прикатывании посевов.

Время вспомогательных работ составило в среднем 9,1 % от суточной занятости фермера и колебалось от 4,6 % на бороновании до 20,7 % на посеве. Удельный вес подготовительно-заключительных работ в среднем составил 43,8 %: от 38,7 % на культивации до 60,6 % на бороновании.

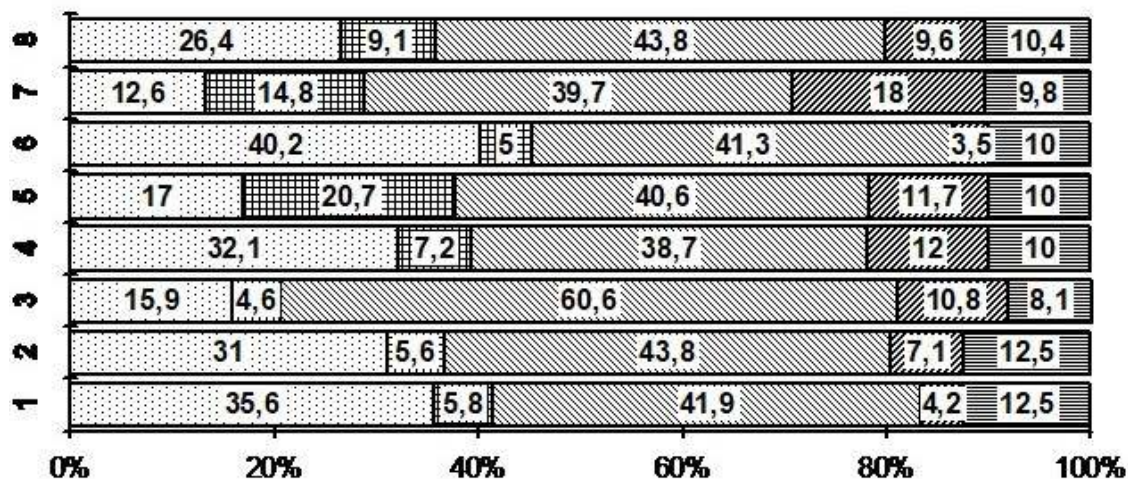


Рис. 1. Структура суточного рабочего времени фермера при выполнении полевых механизированных: 1 – дискование; 2 – вспашка; 3 – боронование; 4 – культивация; 5 – посев; 6 – прикатывание; 7 – уборка; 8 – среднее
Условные обозначения: - основная работа, - вспомогательные работы, - подготовительно-заключительные работы, организационно-техническое обслуживание, - регламентированные перерывы

Удельный вес времени на организационно-техническое обслуживание в структуре суточного рабочего времени фермера колеблется от 3,5 % на бороновании и до 18 % на уборке зерновых культур, что составляет в среднем по всем операциям – 9,6 %. Удельный вес времени регламентированных перерывов составил от 8,1 % на бороновании до 12,5 % на дисковании и вспашке.

Список использованных источников

1. Сазонов, С. Н. Фермерское движение в России / С. Н. Сазонов – М.:РАСХН, 1995. – 80с.
2. Рекомендации по организации и функционированию машинно-технологических станций (МТС) – М.: ГОСНИТИ, 1996. – 140 с.
3. Сазонова, Д. Д. Ретроспективный анализ оснащенности фермерских хозяйств машинами и механизмами / Д. Д. Сазонова, С. Н. Сазонов // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2015. – № 2. – С. 91–112.
4. Сазонов, С. Н. Анализ производственной функции, отражающей эффективность использования ресурсов в фермерских хозяйствах / С. Н. Сазонов, Д. Д. Сазонова // Наука в центральной России. – 2017. – № 4 (28). – С. 81–88.
5. Ерохин, Г. Н. Оценка эксплуатационных свойств зерноуборочных комбайнов ACROS 530 и John Deer W650 / Г. Н. Ерохин, С. Н. Сазонов, В. В. Коновский // Вестник Мичуринского аграрного университета. 2014. – №1. – С. 68–71.
6. Сазонова, Д. Д. Итоги деятельности фермерских хозяйств Тамбовской области / Д. Д. Сазонова, С. Н. Сазонов // Наука в центральной России. – 2016. – №5. – С.44–54
7. Ерохин, Г. Н. Моделирование потерь зерна за зерноуборочными комбайнами / Г. Н. Ерохин, С. Н. Сазонов, В. В. Коновский // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2014. – №2. – С.65–68.

А. Н. Перепчаев, канд. техн. наук, **Е. Л. Кислов**

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

ОПТИМИЗАЦИЯ ГЛУБИНЫ ЗАХОЖДЕНИЯ РИФЛЕЙ ВАЛЬЦОВ МЯЛЬНОЙ МАШИНЫ

Аннотация: В статье обосновывается возможность расчета глубины захождения мяльных вальцов в линии выработки длинного льноволокна в зависимости показателя отделяемости и числа рифлей мяльных вальцов.

Ключевые слова: лен, умин, глубина захождения, скорость транспортера, отделяемость, мяльные вальцы.

A. N. Perepechaev, *PhD in Engineering sciences*, **E. L. Kislov**

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

OPTIMIZATION OF DEPTH OF APPENDIX OF THE ROLLER OF THE GRINDING MACHINE

Abstract: The article substantiates the possibility of calculating the depth of penetration of the grinding rolls in the line of production of long flax fiber in the dependence of the separability index and the number of flutes of the grinding rolls.

Keywords: flax, crumple, setting depth, conveyor speed, separability, puller rolls.

Введение

Процесс переработки льняной тресты начинается с мятья, осуществляемого на мяльных машинах. Основная задача его – разрушение целостности стебля, удаление насыпной костры и подготовка его для дальнейшей обработки на трепальной машине, где удаляется древесина и выделяется волокно. Опыт и практика показали, что от того, как промята треста, во многом зависит выход и качество длинного волокна. Поэтому в процессе мятья должны быть, как можно лучше, нарушены связи между волокнистым слоем и древесиной. Чем больше нивелирована эта связь, тем легче будет удалить древесину при трепании.

Однако стремясь увеличить интенсивность мятья, нельзя нарушать прочность волокна – это может привести к резкому снижению выхода. На процесс оказывают большое влияние физико-механические свойства тресты. Если она однородна по крепости, степени вылежки, толщине и другим признакам, то можно легко подобрать необходимый режим промина. В противном случае протокол обработки очень трудно подобрать так, чтобы он отвечал условиям наиболее эффективного трепания. Например, стебли нормальной вылежки можно промять с необходимой интенсивностью, в то же время недолежалые стебли будут разрушены недостаточно, а обработка их на трепальной машине будет труднее. При увеличении интенсивности мятья, в расчете на лучший излом древесины недолежалых стеблей, волокно стеблей нормальной вылежки будет ослаблено из-за лишних механических воздействий [1].

Основная часть

В мяльной машине регулируемые параметрами являются частота вращения мяльных вальцов, глубина захождения рифлей посредством установки между верхними и нижними вальцами регулировочных пластин и давление верхних вальцов на слой перерабатываемой льнотресты посредством сжатия пружин нажимных механизмов.

Частота вращения мяльных вальцов выбирается в зависимости от требуемой производительности мяльно-трепального агрегата и линейной плотности слоя льнотресты после утонения его в слоеформирующей машине.

Глубина захождения рифлей i , в зависимости от отделяемости льнотресты O и числа рифлей Z , определяется эмпирической зависимостью, предложенной Сорокиным Н.К. [2], имеющей вид:

$$i = (150 - 6O) / Z. \quad (1)$$

Характеристики вальцов стандартного набора вальцом машины М-110Л приведена в табл. 1.

Таблица 1. – Характеристика вальцов мяльной машины М-110Л

Наименование показателя	Значение показателя для вальцов с числом зубьев					
	12	14	16	20	24	36
Порядковый номер мяльной пары	1–2	3–4	5–6	7–8	9–10	11–12
Наружный диаметр, мм	118	118	117	118	117	118
Диаметр по впадинам, мм	84	84	85	90	92	105
Высота рифли, мм	17,0	17,0	15,5	14,0	12,5	6,5
Направления рифления	Прямое	Прямое	Прямое	Винтовое левое и правое	Винтовое левое и правое	Винтовое левое и правое
Радиус закругления рифли, мм						
вершины	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,5
впадины	8,0	8,0	6,5	4,5	4,0	3,0

Важно, чтобы скорость прохождения материала через все пары мяльных вальцов оставалась постоянной. При увеличении скорости по ходу обработки в мяльной машине происходит дополнительный перекося стеблей в слое, в результате чего увеличивается вероятность непопадания стеблей в зажим конвейера трепальной машины, при ее снижении – увеличивается вероятность образования забивок мяльных вальцов. Скорость прохождения слоя через мяльную пару определяется по формуле:

$$V = P_{из} n, \quad (2)$$

где $P_{из}$ – периметр излома стеблей, мм; n – частота вращения мяльных вальцов, мин⁻¹.

Кинематической схемой мяльных машин предусмотрена одинаковая частота вращения вальцов во всех мяльных парах, т. е. $n = const$, наружный диаметр различных мяльных вальцов приведен в таблице 1, а периметр излома стеблей вычисляется по известной [3] формуле

$$P_{из} = 2Z \sqrt{\left(\frac{D}{2} \sin \frac{180}{Z}\right)^2 - i^2}, \quad (3)$$

где Z – число рифлей на вальце, шт.; D – наружный диаметр мяльных вальцов в паре, мм; i – глубина захождения рифлей, мм.

Тогда условие равенства скоростей прохождения слоя через мяльные пары запишется:

$$P_{из1} = P_{из i}, \quad (4)$$

или с учетом (1):

$$2Z_1 \sqrt{\left(\frac{D_1}{2} \sin \frac{180}{Z_1}\right)^2 - i_1^2} = 2Z_i \sqrt{\left(\frac{D_i}{2} \sin \frac{180}{Z_i}\right)^2 - i_i^2}. \quad (5)$$

Следовательно зависимость для нахождения значения глубины захождения рифлей i :

$$i_i = \sqrt{\left(\frac{Z_1}{Z_i}\right)^2 \left(i_1^2 - \left(\frac{D_1}{2} \sin \frac{180}{Z_1} \right)^2 \right) + \left(\frac{D_i}{2} \sin \frac{180}{Z_i} \right)^2}. \quad (6)$$

Полученная зависимость позволяет рассчитать глубину захождения рифлей для всех пар мяльных вальцов по глубине захождения рифлей первой мяльной пары, которая в свою очередь в зависимости от показателя отделяемости льнотресты рассчитывается по формуле (1).

Для мяльных машин линий выработки длинного волокна фирм «DEPOORTERE» и «VAN DOMMELE» скорость V_k зажимного конвейера должна быть равна скорости V_m прохождения слоя материала через мяльные пары. В случае превышения скорости конвейера над скоростью прохождения материала через мяльные вальцы волокно подвергается дополнительному растяжению, вследствие чего возможен обрыв волокон или выдергивание их из зажима. В противном случае проминаемые концы стеблей стремятся занять положение, параллельное рифлям мяльных вальцов, при котором снижается эффективность их мятья.

В соответствии с (2)

$$V_k = P_{из} n,$$

откуда:

$$P_{из} = \frac{V_k}{n},$$

Подставляя в эту формулу $P_{из}$ из выражения (3) для соответствующей пары мяльных вальцов, получим:

$$2Z \sqrt{\left(\frac{D}{2} \sin \frac{180}{Z} \right)^2 - i^2} = \frac{V_k}{n}, \quad (8)$$

откуда, после преобразований, имеем:

$$i = \sqrt{\left(\frac{D}{2} \sin \frac{180}{Z} \right)^2 - \left(\frac{V_k}{2Zn} \right)^2}. \quad (9)$$

Следует отметить, что кинематическими схемами приводов мяльных машин линий «DEPOORTERE» и «VAN DOMMELE» предусмотрено одинаковое значение n для всех мяльных вальцов и сохранение отношения V_m/n постоянным при изменении скорости конвейера.

Заключение

В результате проведенных расчетов, получена зависимость для оптимизации глубины захождения рифлей вальцов мяльных машин в зависимости от показателя отделяемости льнотресты.

Полученная зависимость (9) позволяет рассчитать глубину захождения рифлей вальцов мяльных машин конвейерного типа, обеспечивающую оптимальный режим мятья.

Список использованных источников

1. Мятье тресты [Электронный ресурс] Точка доступа: <https://www.booksite.ru/fulltext/flax/lno/vod/stv/o2/66.htm> – Дата доступа 30.06.2020.
2. Дьячков, В.А. Теоретические основы производства лубяных волокон : монография / В.А. Дьячков. – Кострома : Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2009. – 271 с.
3. Справочник по заводской первичной обработке льна / И. Я. Шаров [и др.] : под. Общ ред. В.Н. Храмцова. – М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1981. – 512 с.

Е. В. Галушко, канд. техн. наук, доц., **А. Г. Сеньков**, канд. техн. наук, доц., **А. В. Горный**, канд. с-х. наук, доц., **М. А. Масный**, асс.

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь
e-mail:aleksandr.gorny@gmail.com*

СПУТНИКОВЫЙ МОНИТОРИНГ И УЧЕТ РАБОТЫ ТЕХНИКИ НА БАЗЕ СМАРТФОНА

Аннотация: Разработанная система мониторинга и контроля за работой транспортных средств на базе смартфона с ОС Андроид отличается от существующих систем простотой в использовании, не требует монтажа и установки на транспортном средстве, хорошей возможностью расширения функционала системы и имеет не высокую стоимость.

Ключевые слова: мониторинг техники, спутниковая система слежения, смартфон, обработка данных на компьютере.

E. Galushko, PhD, associate professor, **A. Senkov**, PhD, associate professor, **A. Gorny**, PhD, associate professor, **M. Masny**, assistant

*Belarussian State Agrarian Technical University
Minsk, Republic of Belarus
e-mail:aleksandr.gorny@gmail.com*

SATELLITE MONITORING AND AGRICULTURAL MACHINERY MOBILE CONTROL TECHNOLOGY

Abstract: The developed monitoring and control system for the operation of agricultural machinery on the basis of a smartphone with the Android OS differs from existing systems in ease of use, does not require installation and installation on a vehicle, has a good ability to expand the functionality of the system and has a low cost.

Keywords: agricultural machinery monitoring, satellite tracking system, smartphone, big data processing.

Введение

Функционирование любого автопарка, в том числе сельскохозяйственной техники, сопряжено с обработкой большого количества информации.

По каждой единице техники необходимо контролировать:

- маршрут движения;
- скорость передвижения и изменение скорости по маршруту;
- расход топлива и т.д.

При этом информация должна быть оперативной и точной. В противном случае эксплуатация техники может, к сожалению, сопровождаться большими непроизводительными затратами, связанными с нерациональным ее использованием за счет плохо организованной логистики, нарушением технического регламента выполнения той или иной операции, воровством топлива и т. п.

Для предотвращения этого существуют различные системы контроля и мониторинга за работой техники, которые представляют собой аппаратно-программные комплексы, состоящие из комплектов оборудования, монтируемого на транспортных средствах или механизмах (комбайны, автотракторная техника), а также специализированного программного обеспечения, устанавливаемого на компьютер, который осуществляет обработку, анализ и визуализацию полученных от аппаратуры, установленной на транспортном средстве, данных в режиме реального времени с последующим формированием отчетов.

В настоящее время на рынке предлагается достаточно большое количество систем контроля и мониторинга техники (спутниковая система слежения *Voyager-2 LIGHT*, GSM-терминал *FORT-300*, спутниковая система мониторинга АвтоГРАФ и др.), принцип работы которых заключается в следующем (рис. 1) [1].

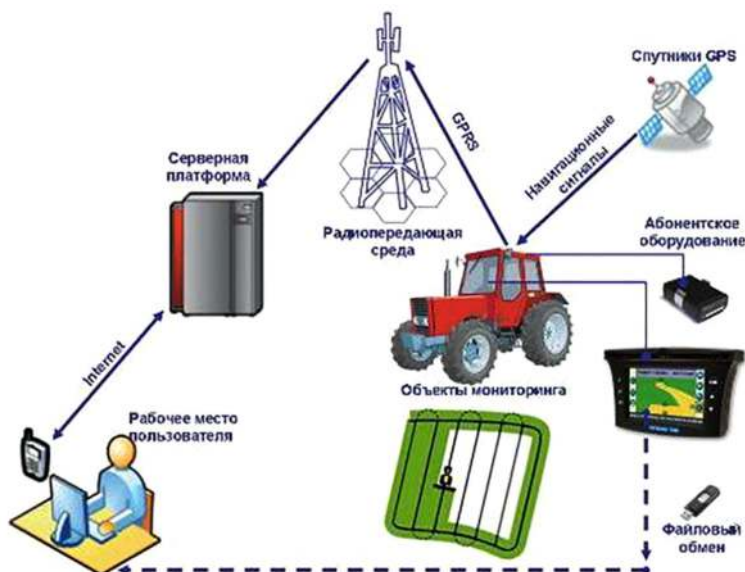


Рис. 1– Принцип работы системы контроля и мониторинга техники

На транспортное средство устанавливается навигационный приемник, который определяет координаты транспортного средства, ее скорость, направление движения и т.д. К контролеру системы можно подключать набор датчиков: от датчика местоположения объекта (навигационного приемника), до датчиков по контролю выполнения технологических операций. Спектр датчиков определяется задачами, которые ставит перед собой хозяйство. Затем, при помощи GSM модема, по сетям операторов сотовой связи эти данные в режиме реального времени передаются на специальный сервер, а затем через сеть Интернет пользователям системы, которая может постоянно (в режиме *online*) отсылать данные или сбрасывать их на компьютер по возвращении в парк (в режиме *offline*). Стоимость комплекта такого оборудования в зависимости от конфигурации составляет от 500\$ до 1500\$ [2].

Нами разработан значительно более дешевый вариант системы контроля за работой техники, состоящей из программного приложения для операционной системы (ОС) Андроид, а также специализированного программного обеспечения по автоматизированной обработке данных [3].

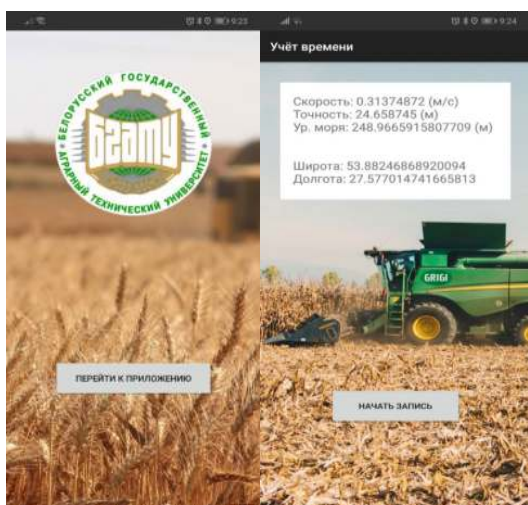


Рис. 2 – Окна запуска приложения на смартфоне

Программное приложение для ОС Андроид устанавливается на смартфон и ведет запись изменения координат мобильного объекта, вычисляет скорость его движения, точность вычисления местоположения объекта, высоту местоположения над уровнем моря и др. (рис. 2).

Приложение может работать с сигналами спутниковых группировок GPS и ГЛОНАСС и иметь максимальную точность определения местоположения мобильного объекта не больше 4 м при получении сигнала от 6 спутников.

Далее массив данных со смартфона (рис. 3) передается на компьютер, где с помощью специальной программы производится их автоматизированная обработка и осуществляется визуализация маршрута движения на карте (рис. 4), а также автоматическое формирование подробного отчета обработанных данных (рис. 5).

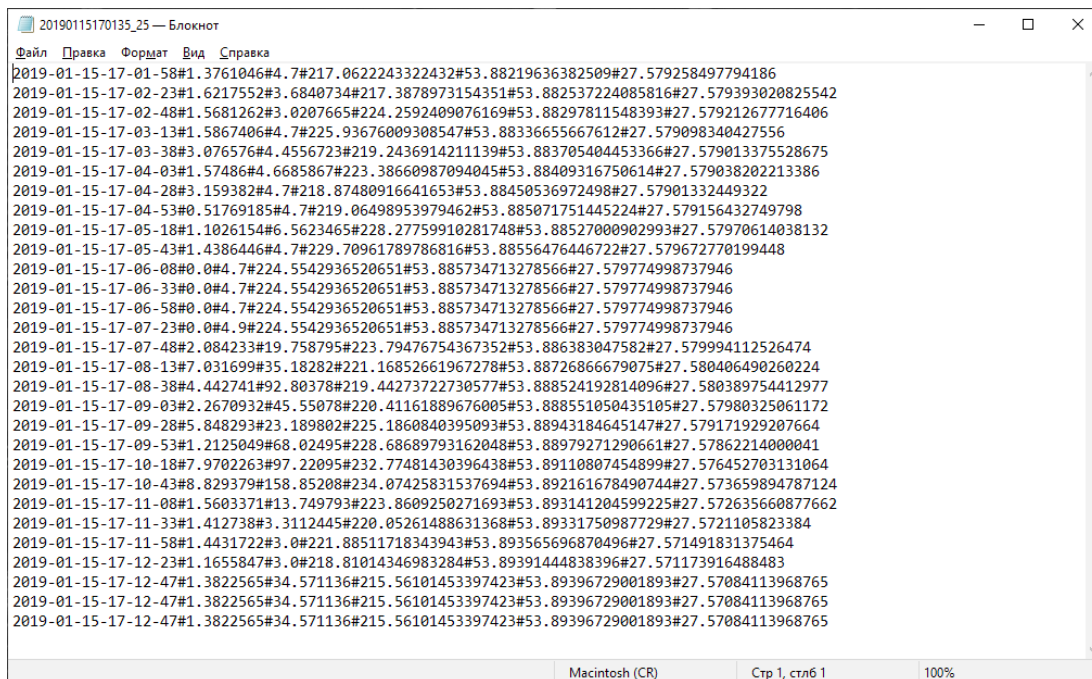


Рис. 3 – Массив данных трека маршрута

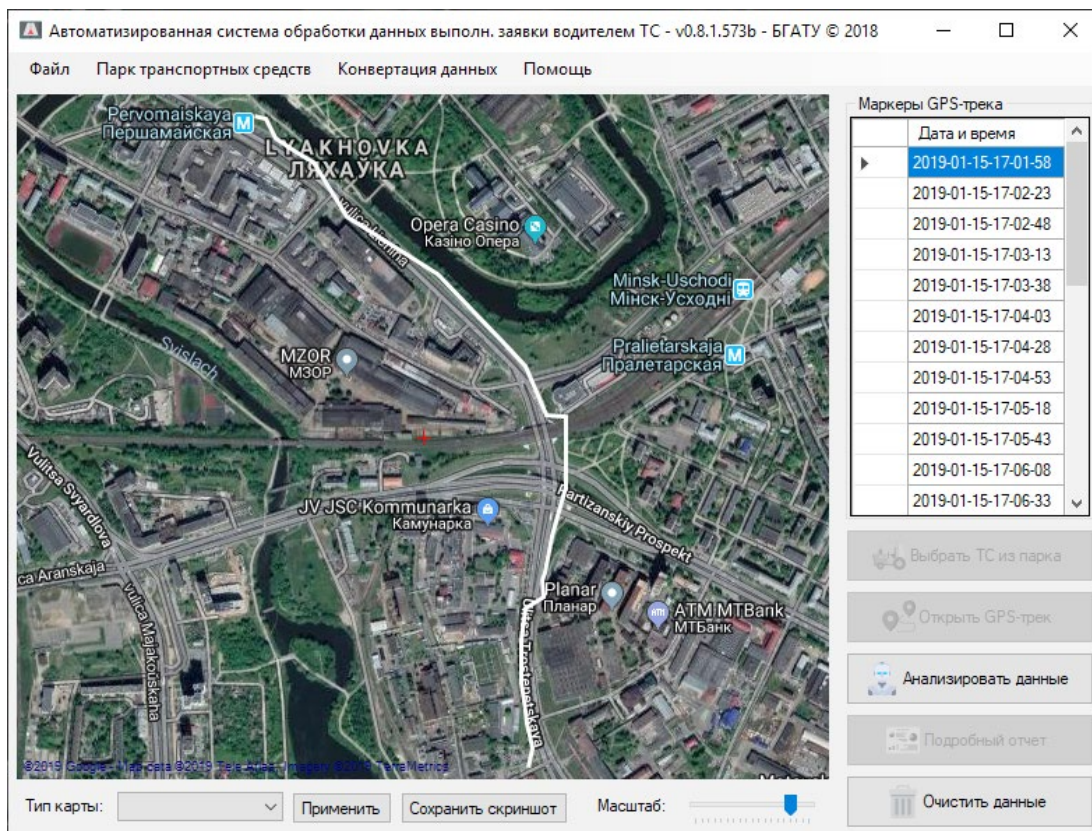


Рис. 4 – Визуализация маршрута движения на карте

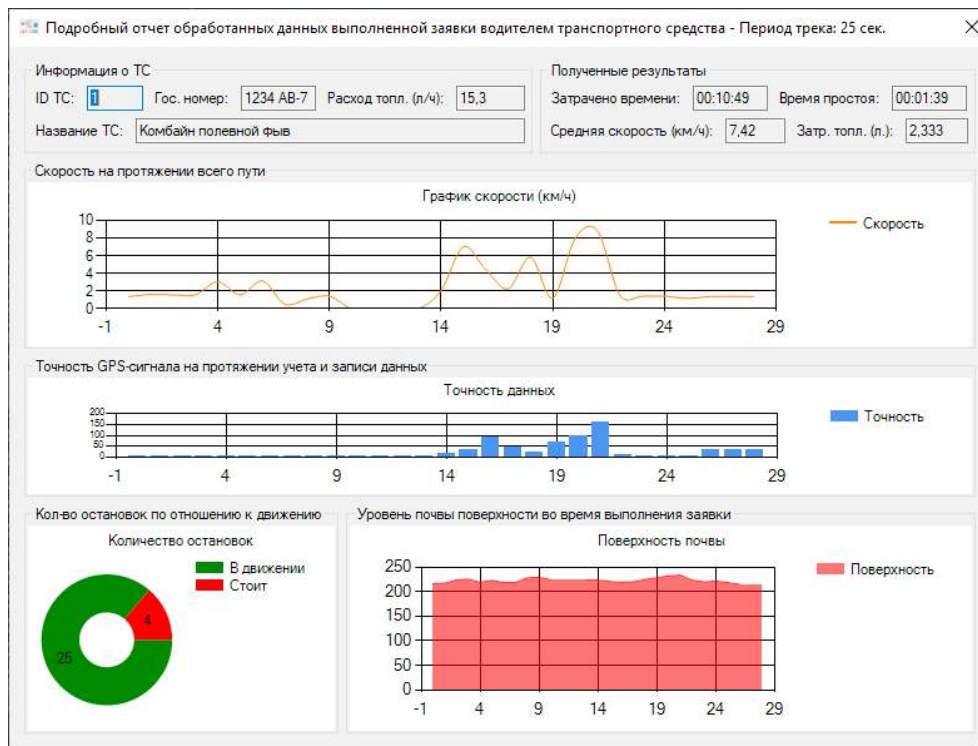


Рис. 5 – Сформированный отчет обработанных данных

Таким образом, разработанная система мониторинга и контроля за работой транспортных средств на базе смартфона с ОС Андроид, отличается от существующих систем простотой в использовании, не требует монтажа и установки на транспортном средстве, хорошей возможностью расширения функционала системы и имеет не высокую стоимость.

Список использованных источников

1. Спутниковый ГЛОНАСС : мониторинг техники // Спутниковый ГЛОНАСС : мониторинг техники [Электронный ресурс]. – URL : <http://navitech.navitech.by>. – Дата доступа: 20.06.2020.
2. Прайс лист Авто ГРАФGSMГЛОНАСС // Прайс лист Авто ГРАФGSMГЛОНАСС [Электронный ресурс]. – URL: <https://snavi.ru>. – Дата доступа: 20.06.2020.
3. Галушко Е.В., Масный М.А., Прищепов М.А. Аспекты внедрения программного обеспечения для оптимизации обработки больших объемов данных о работе машинного парка сельскохозяйственной техники / Е.В. Галушко, М.А. Масный, М.А. Прищепов // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: сборник научных статей Международной научно-практической конференции, Минск, 21–23 ноября 2018года. – Минск : БГАТУ, 2018. – С. 76–79.

А. Н. Рассказов, вед. науч. сотрудник

*Институт механизации животноводства – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ,
г. Москва, Российская Федерация
e-mail: rassk49@mail.ru*

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВОГО ЖИВОТНОВОДСТВА

Аннотация: Цифровые технологии, позволяют постоянно контролировать качество и состав молока, кормление, вес, поведение, воспроизводство, состояние здоровья и продуктивность животных. Сбор и обработка информации является прогрессивным способом ухода за животными в хозяйствах различных размеров. Рассмотрены основные направления развития животноводческого комплекса и молочной отрасли. Цифровые технологии и инвестиционные направления развития отрасли - современная технологическая основа строящихся и модернизируемых животноводческих комплексов в техническом и технологическом переходе к тренду циркулярной (безотходной) экономики. Конкурентоспособность отрасли зависит от наличия ультрасовременных технологий. Повышение эффективности животноводства возможно только за счет выполнения технологических процессов на высочайшем уровне, минимизации затрат с помощью оперативного анализа поступающих данных.

Ключевые слова: цифровое животноводство, новые технологии, инновации, качество продукции, критерии.

A. N. Rasskazov, *Leading researcher*

*Institute of mechanization of animal husbandry – the branch of fgbu fnacs VIM
Moscow, Russian Federation
E-mail: rassk49@mail.ru*

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF DIGITAL ANIMAL HUSBANDRY

Abstract: Digital technologies allow you to constantly monitor the quality and composition of milk, feeding, weight, behavior, reproduction, health and productivity of animals. Collecting and processing information is a progressive way to care for animals in farms of various sizes. The main directions of development of the livestock complex and the dairy industry are considered. Digital technologies and investment directions of the industry development are the modern technological basis of livestock complexes under construction and being modernized in the technical and technological transition to the trend of a circular (waste-free) economy. The industry's competitiveness depends on the availability of cutting-edge technologies. Improving the efficiency of animal husbandry is possible only by performing technological processes at the highest level, minimizing costs by using operational analysis of incoming data.

Keywords: digital animal husbandry, new technologies, innovations, product quality, criteria.

Производство мяса и молока в России занимает ведущее место в валовой продукции сельского хозяйства. Несмотря на существенное снижение объемов ее производства по сравнению с дореформенным периодом (1990 г.): скота и птицы (в убойном весе) – с 10,1 млн т до 10,9 млн т в 2019 году, яиц – с 47,5 до 44,9, удельный вес отрасли в валовой продукции сельского хозяйства составил в 2019 году – 46,5 %.

Прирост дает только производство свинины. Три сектора производства — промышленные сельскохозяйственные предприятия, крестьянско-фермерские хозяйства и личные подсобные хозяйства – все вместе произвели в 2019 году 3,4 млн тонн свинины (рис. 1).

По производству свинины мы вышли на пятое место в мире после Китая, США, ЕС и Бразилии.

Фактически свинина, сожалению, в настоящее время – единственный драйвер роста мясного животноводства.

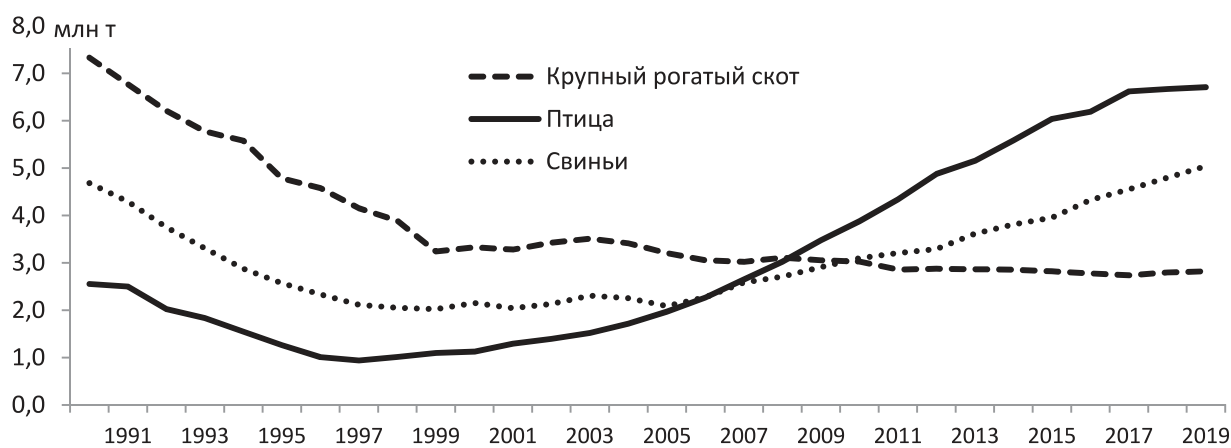


Рис. 1. Производство скота и птицы на убой в живом весе в хозяйствах всех категорий, млн т

Только за четыре месяца текущего года свиней было произведено в сельхозорганизациях – 1,5 млн т (на 11,3 % или 150 тыс. тонн больше чем за аналогичный период прошлого года). Существенно снизилось производство молока – с 55,7 млн т до 31,3 млн т (рис. 2).

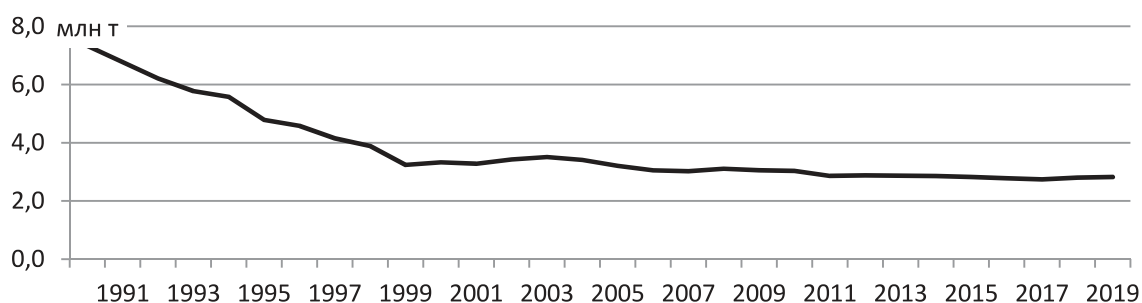


Рис. 2. Производство молока в хозяйствах всех категорий, млн т

За период с 1970 года население нашей планеты выросло в два раза, а объем производства продукции сельского хозяйства увеличился в три раза. Однако более 821 млн. человек Земли голодает и 2,5 млрд человек недоедает.

Демографы оценивают, что к середине нынешнего столетия численность населения вырастет до 10 млрд человек.

Мы видим, что потенциал выработки продукции сельского хозяйства исчерпывается, наблюдается дефицит пресной воды, изнашиваются сельскохозяйственные почвы, меняется климат, сокращается численность сельского населения.

В связи с потенциальным ростом населения, необходимо в обозримом будущем нарастить выработку сельскохозяйственной продукции, на основе сокращения потерь продовольствия, эффективного его использования, и, последнее по порядку, но не по важности, на основе цифровизации всего сельского хозяйства.

Цифровизация этой важнейшей отрасли даст возможность обеспечить население возможностью к существованию не только в сельских регионах, но и будет большим помощником в работе сельхозтоваропроизводителей.

Современной тенденцией развития передового агропромышленного комплекса, является интеграция производства, ее специализация и широкое использование электроники, связь с передовой наукой, внедрение роботехники, а именно: внедрение цифрового животноводства которое служит переходом к инновационному развитию отрасли.

При производстве продукции животноводства, автоматизированные системы управления на основе цифровых технологий в режиме реального времени представляют исчерпывающую и точную информацию о состоянии животных [1,2].

Система обеспечивает надежное определение животных и точный анализ информации, что создает объективную и полную информацию по каждому животному.

В январе 2019 г. в Берлине прошел Всемирный форум по продовольствию и сельскому хозяйству, который был посвящен цифровизации сельского хозяйства.

Необходимость проведения такого мероприятия возникло в связи с тем, что агропромышленные комплексы планеты нуждаются в инновационных решениях, одним из которых может стать внедрение цифровых технологий [3].

Эти комплексы в настоящее время имеют значительную эффективность и рентабельность. При этом они, как правило, отстают во внедрении цифровых технологий, что могло бы сыграть важную роль в достижении глобальной цели укрепления продовольственной безопасности и увеличения источников материальных средств к существованию населения в сельских районах.

Цифровые технологии способны упрочить взаимосвязанность агропродовольственного комплекса на уровне сельскохозяйственных предприятий, регионов, а также между странами и устранить факторы, снижающие ее эффективность.

Интернет обеспечивает доступ к технической информации, стимулирует сотрудничество и взаимосвязь на всех звеньях цепочки производственная и сбыта продукции. Создает возможности для повышения продуктивности животных. Принятие решений позволяет в реальном времени рассылать срочную информацию, например, в условиях борьбы со стихийными бедствиями.

Кроме того, открытый обмен прозрачными сведениями помогает повысить уровень доверия между группами заинтересованных сторон мировой агропродовольственной системы, отношения которых в противном случае останутся неравноправными.

Однако внедрение цифровых технологий может нести с собой определенные проблемы. Это мероприятие может стать причиной сокращения рабочих мест, что является серьезной проблемой там, где сельское хозяйство является основным источником занятости населения.

Цифровизация может создать трудности для мелких товаропроизводителей, которые могут столкнуться с новыми технологиями, способными спровоцировать повышение цен на их продукцию и необходимость дополнительных затрат на приобретение техники, ее обслуживание и обучение самих фермеров.

Говоря о внедрении цифровых технологий в агропродовольственных системах, следует учитывать множество аспектов: это требования в отношении формирования политики и управления, ограниченный доступ к финансовым средствам, ограниченные навыки работников по обслуживанию и функционированию, а также необходимость преодоления существующих разрывов (цифровых), ограничивающих доступ к системам инфраструктуры и информации.

Для преодоления перечисленных проблем представляется необходимым и исключительно важным дополнить программу развития сельского хозяйства России новым дополнительным элементом, призванным оказывать поддержку крестьянам в адаптации и внедрении цифровых технологий и решений [4].

Эти элементы должны привести, за счет высококачественного выполнения технологии, а также сокращения затрат с помощью получения объективных данных, к повышению эффективности всего сельского хозяйства и, в том числе, животноводства.

Современные технологии, внедряемые в настоящее время на модернизируемых и строящихся животноводческих фермах, являются ориентиром внедрения в технической политики в животноводстве.

Активизация и дальнейшее развитие сельскохозяйственной отрасли на новый уровень модернизации также предусмотрено Государственной программой развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельхозпродукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы [5].

Под «цифровым животноводством» подразумевается:

- создание системы в отрасли, когда данные в цифровой форме являются ключевым фактором производства, обеспечено эффективное взаимодействие, бизнеса, науки, государства и граждан;
- система обеспечивающие рост эффективности производства продукции за счет использования средств, направленных на экономное использование ресурсов и необходимый контроль производства.

В России база для внедрения «Индустрии 4.0» уже заложена на современных животноводческих комплексах.

Необходимо разрабатывать новые современные стандарты для производства, направлять сельскохозяйственных товаропроизводителей на внедрение новых технических средств и роботов, а также на партнерство между промышленностью и наукой.

Технологии цифрового животноводства обеспечивают производства возможностью контроля за соблюдением технологий и качеством продукции.

Внедрение высокотехнологичных инноваций позволит сельхозтоваропроизводителям внедриться в концепцию происходящей в настоящее время четвертой промышленной революции.

Комплекс инновационных технологий позволит повысить качество продукции, управлять производством при помощи компьютерных технологий и сделать животноводство более рентабельным.

В политике интенсификации животноводства должно преобладать наращивание конкурентных преимуществ вновь вводимых и реконструируемых животноводческих объектов с передовым техническим и технологическим укладом и переходом безотходному производству.

Список использованных источников

1. Иванов, Ю.А. Цифровое животноводство. Перспективы развития / Ю.А. Иванов // Вестник ВНИИМЖ. – 2019. – С. 4–7.
2. Устойчивое животноводство становится цифровым. URL: <http://www.Livestock-dialogue.org/>
3. Морозов, Н.М., Цой, Л.М., Рассказов, А. Н. Передовые технологии в свиноводстве России // Вестник ВИЭСХ. 2018. № 2(31). – С. 19–28.
4. Морозов, Н.М., Рассказов, А. Н. Направления развития технического прогресса в механизации и автоматизации животноводства // Научно-технический прогресс в с.-х. производстве. Минск, 2016. Т. 1. – С. 20–29.
5. Рассказов, А.Н., Морозов, И. Ю. Направления механизации животноводства в личных подсобных хозяйствах населения // Вестник ВНИИМЖ. 2017. № 1(25).

Ю. А. Мирзоянц¹, д-р техн. наук, проф., **В. Е. Фириченков²**, канд. техн. наук, проф.,
Ю. Н. Черновол³, канд. с.-х. наук, мл. науч. сотрудник

¹филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

e-mail: mirzoyans42@mail.ru

²ФГБОУ ВО Костромская ГСХА

e-mail: viloriy2016@yandex.ru

³ИМЖ – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

e-mail: amg-v@bk.ru

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОСНАЩЕНИЕ ОБЪЕКТОВ ОВЦЕВОДСТВА РОССИИ

Аннотация: В статье показаны наиболее эффективные направления развития механизации и автоматизации овцеводства, занимающиеся аналогичными вопросами механизации и автоматизации овцеводства. Приведён перечень технических средств, применение которых позволит повысить эффективность отрасли овцеводства, даны рекомендации применение которых позволят вывести овцеводство на новый уровень развития.

Ключевые слова: овцы, аграрный сектор, НИИ, высшие учебные заведения, промышленные предприятия, техника, механизация, батареи для ягнят, мобильный стригальный пункт.

Yu.A. Mirzoyants¹, *Grand Ph.D., professor*, **V.E. Firichenkov²**, *Ph.D., associate professor*,
Y.N. Chernovol³ *Ph.D. junior researcher*,

¹branch of FSBNU FNAC VIM

E-mail: mirzoyans42@mail.ru

²associate professor of FSBOU VO Kostroma GSHA

e-mail: viloriy2016@yandex.ru

³branch of FSBNU FNAC VIM

E-mail: amg-v@bk.ru

TECHNICAL EQUIPMENT OF RUSSIAN SHEEP BREEDING FACILITIES

Annotation: The analysis made it possible to determine the most optimal directions for the development of mechanization and automation of sheep farming for the examined period of time. Leading research industry institutes, higher educational institutions, industrial enterprises of Russia, as well as enterprises of neighboring countries dealing with similar issues of mechanization and automation of sheep breeding are designated. A list of specific technical means is presented, the implementation of which will improve the efficiency of the sheep breeding industry. Recommendations were made to bring out a socially significant industry, to restore the lost positions of sheep farming in Russia, before the reform period.

Keywords: sheep, agricultural sector, research institutes, higher education institutions, industrial facilities, machinery, mechanization, lamb batteries, mobile strip point.

Введение

Овцеводство – одна из экономически выгодных и социально значимых отраслей животноводства, что подтверждает общемировая практика. В России, с изменением в конце 20 века экономической формации и последующим проведением недостаточно продуманных реформ, допущено ничем не оправданное резкое снижение количества овец (таблица 1) – в 1991 году во всех категориях хозяйств было 52,2 млн. голов, в 2000 году – 12,73 млн. голов (23 % от уровня 1991 года), далее наблюдается рост с относительной стабилизацией поголовья с 2015 года на уровне порядка 22...21 млн. голов. [1,7,8]

За период реформирования аграрного сектора России наибольшее снижение поголовья овец, имеет место в сельскохозяйственных организациях (1991 год 37,6 млн голов, 2018 год 3,56 млн голов – более чем в 10 раз). [7,8]

Таблица 1 - Динамика поголовья овец в России

Типы сельхозтоваро-производителей	Годы								
	1991	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018
Хозяйства всех категорий млн. гол. % к итогу	52,20 100	25,34 100	12,73 100	16,42 100	19,76 100	22,71 100	22,74 100	22,41 100	21,14 100
Сельхозорганизации млн. гол. % к итогу	37,59 72,00	13,31 52,53	4,5 35,35	4,1 24,97	4,24 21,5	4,13 18,2	4,02 17,7	3,87 17,3	3,56 16,84
Крестьянские (фермерские) хозяйства млн. гол. % к итогу	0,21 0,43	1,01 4,00	0,78 6,13	4,32 26,31	5,92 29,90	8,65 38,10	8,84 38,87	8,73 39,00	8,41 39,8
Хозяйства населения млн. гол. % к итогу	14,40 27,59	11,02 43,4	7,45 58,0	8,00 48,7	9,60 48,6	9,93 43,7	9,88 43,43	9,81 43,7	9,16 43,33

Также в России значительно снизился уровень механизации производственных процессов, главным образом из-за отсутствия промышленных предприятий, по производству специального оборудования для механизации производственных процессов в овцеводстве – поение, уборка помещений, машинная стрижка овец, обработка против кожных заболеваний, машинное доение, чёска пуха коз, забой каракульских ягнят, первичная обработка шкур и т.п. До 1991 год значительную часть техники поставлял завод «Актюбинсксельмаш» по разработкам как своего ГСКБ, так и в сотрудничестве с НИИ и ВУЗами. В настоящее время эту нишу практически заняли иностранные производители). [3,4,5,6,8]

На промышленных предприятиях России выпускаются отдельные общепромышленные машины, используемые в овцеводстве и крайне ограниченный перечень специализированных технических средств. В АО «Кургансельмаш» – серийно производят автоматизированные безбашенные водоподъёмные установки ВУ-1,5–19, ВУ-7–65, ВУ-10–80А; ОАО «Челябинскживмаш» – пресс лабораторный для определения выхода чистого волокна ПЛ-Ф-10, автопоилки групповые для поения овец ГАО-4А и с электроподогревом АПО-Ф-4, комплект оборудования для поения овец КВО 3/ЗМ; «АиС Агро», г. Омск – поилка для коз и овец ГК-ОК-2; НПФ «Грифинг», г. Миас Челябинская обл. – передвижная доильная установка для овец и коз; ООО «НПП ДОГТЕР», г. Рязань – стационарная доильная установка для овец и коз; ОАО «Корммаш», Ростовская область – дробилки зерна и грубых кормов ДЗГ-350х125; ООО «Кубань ЭлектроМаш» – кормоприготовительные машины СК, ССК и др.; ООО ПСК «РОСТ-СЕРВИС», Удмуртия – стационарные ленточные транспортёры корма для коз и овец; Владимирский моторно-тракторный завод – шасси самоходное с платформой ВТЗ-30 СШ; АООТ «Челно-Вершинский машиностроительный завод», Самарская область – батареи клеточные для ягнят БКЯ-500 и ряд др. предприятий. [3,4,6]

Научно-исследовательские учреждения и высшие учебные заведения России осуществляют разработку ряда новых машин и установок для овцеводства. Однако эта работа носит эпизодический характер, а отсутствие современной экспериментально-производственной базы и должного финансирования сдерживает их доведение до потребителей. В числе экспериментальных являются:

ИМЖ – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ установки для доения овец: стационарные и переносные; передвижные с упорядоченным входом, последовательной расстановкой животных в индивидуальных полубоксах, с автоматической фиксацией и расфиксацией.

ИМЖ – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ совместно с ФГБОУ ВО «Костромская ГСХА»: транспортёр для подачи овец на стол зооветеринарной обработки; автономный мобильный гидрофицированный стригальный пункт с машинками на базе МСО 77Б; автономный мобильный стригальный пункт на базе автомобиля грузопассажирского исполнения; автономный мобильный стригальный агрегат на базе 3-х колесного мотоцикла; преобразователь на базе вентильного автомобильного (тракторного) генератора Г237В1У-ХЛ; устройства для заточки режущих пар

стригальных машинок на базе ТА-1 и ДАС-350 (размерный ряд); механизированный стол стригальщика; межоперационный транспортёр-классировщик остриженной овечьей шерсти на базе тракторного прицепа.

ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (ВИЭСХ): аппарат приготовления жидкого заменителя молока для выпаивания ягнят; установка для приготовления заменителя молока и выпойки ягнят; установка для обработки овец струйным методом против кожных заболеваний; стригальный агрегат с комбинированным питанием конструкции; индивидуальные стригальные аппараты нового поколения с приводом от высокооборотного коллекторного электродвигателя с гибким валом повышенной частоты вращения и малого диаметра (до 3 мм) конструкции ГНУ ВИЭСХ для малых ферм и хозяйств населения; стригальный аппарат пониженной массы с гасителем вибрации с одновременной стабилизацией частоты колебания ножа конструкции ГНУ ВИЭСХ. Совместно с ГСКБ по машинам для овцеводства (з-д «Актюбинсксельмаш», Казахстан) разработан агрегат для вычёсывания пуха у коз АВП-12.

ВНИИОК-ом – филиалом ФГБНУ «СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФНАЦ» – классировочные столы круглый вращающийся с решетчатой сферической крышкой и поворотный вращающийся; точильные аппараты для заточки режущих пар стригальных машинок конструкции СНИИЖК, ТА-1, ДАС-350, а также полуавтомат ПЗН-60; ротационная самокормушка КРР-0,5; передвижная бункерная самокормушка для кормления ягнят концентрированными кормами старше 20-ти дневного возраста; комплект оборудования стационарного пункта искусственного осеменения овец и коз; установка передвижная для искусственного осеменения овец; стационарный и передвижной комплекты технологического оборудования для бонитировки овец; переносной станок карусельного типа для зооветеринарных работ овец и ягнят (кастрация баранчиков, обрезание копыт, хвостов и т.п.).

ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ – точильный аппарат со смачиваемой абразивной лентой.

Следует отметить, что технологическое оборудование для механизации производственных процессов в овцеводстве, в основном, закупается, в странах ближнего и дальнего зарубежья. [3,4, 5,6]

Казахстан – автопоилки передвижные групповые ВУО-3А-2 и унифицированные перевозимые ВУГ-3А; установки передвижные водоподъёмные ППВ 30, ленточные водоподъёмники; агрегаты для уборки навоза АУН-10, АМН-Ф-20; стригальные машинки МСО-77Б, МСУ-200; электростригальные агрегаты АСИ-101, АСУ-1 (на две машинки МСУ-200); точильные аппараты ТА-1, доводочные аппараты ДАС-350, полуавтоматы для заточки режущих пар ПЗН-60; столы для классировки шерсти СКШ-200А; прессы гидравлические шерсти ПГШ-1,0Б; межоперационные транспортёры шерсти ТШ-0,5А; мини-цеха для переработки молока ИПКС-0100 «Фермер»; установки забоя каракульских ягнят и поточной обработки каракуля с законченным цикла производства УЗКЯ и другая техника [4,6,8]

Украина – установки для обессоливания и опреснения воды; преобразователи частоты тока ИЭ-9403, ИЭ-9401; весы механические площадочные для рун шерсти ВН-15; прицепы для взвешивания и перевозки животных; тележки-трапы для перевозки и перегрузки животных ТТ-1... ТТ-4 и другая техника [3,4,6]

Беларусь – косилки КИП-1,5–01; погрузчики фронтальные ФП-0,25; прицепные раздатчики кормов ПРК-1,5; измельчители-разбрасыватели-выдуватели соломы РВС-1500 Д «ХОЗЯИН» и другая техника.

Швейцария, компания *Heiniger* – ряд стригальных машинок, включая портативную S-12 (от аккумулятора 12 В); пресс для шерсти *TPW Xpress* и другая техника.

Швеция – компания «Де Лаваль», автоматические станции для выпойки козлят и ягнят заменителем цельного молока (ЗЦМ) и другая техника.

Авторы отмечают, что разработанные научными коллективами России инновационные технические средства для механизации производственных процессов в овцеводстве остаются не востребованными – на их изготовление и экспериментальную проверку в производственных условиях не выделяется должное финансирование. Техника иностранных производителей имеет большую стоимость и в целом уровень механизации выполнения процессов в овцеводстве в течение многих лет остается крайне низким, а в личных хозяйствах населения преобладает ручной труд.

Выводы и предложения

Для выхода из создавшегося положения и успешного развития овцеводства в России, необходимо:

– создать при головных отраслевых НИИ РАН специализированные конструкторские бюро по машинам и оборудованию (опытные экспериментальные цеха, мастерские, лаборатории, а также овцеводческие хозяйства для опробования экспериментальных технических средств непосредственно в производственных условиях;

– принять разработанную «Систему технологий и машин» как программный документ для организации производства оборудования для овцеводческой отрасли при глубокой модернизации и разработки новых технических средств;

– организовать при ИМЖ – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ научно-координационный центр по механизации производственных процессов и переработки продукции овцеводства с участием стран СНГ, работающих в этом направлении.

Список использованных источников

1. Ерохин, А. И. Ерохин, С. А. Овцеводство. – М. : 2004.
2. Иванов, Ю. А. Морозов, Н. М. Гриднев, П. Л. и др. Основные положения развития механизации и автоматизации животноводства // Вестник ВНИИМЖ. 2015. №2. – С. 4–12.
3. Мирзоянц, Ю. А. Инновационные технологии производства продукции овцеводства // Вестник ВНИИМЖ, № 3(23), 2016.
4. Мирзоянц, Ю. А. Фириченков, В. Е. Зудин, С. Ю. Фириченкова, С. В. Технология и технические средства машинной стрижки овец. Монография. – Кострома, 2010. – 238 с.
5. Морозов Н. М. и др. Инновационные технологии и технические средства производства продукции овцеводства. // Техника и оборудование для села. 2015. №2. – С. 2–7
6. Морозов, Н. М. Мирзоянц, Ю. А. Инновационные технические средства и ресурсосберегающие технологии для производства продукции животноводства // Кострома: КГСХА, 2016.
7. Росстат России <http://ab-centre.ru/page/ovcevodstvo-i-kozovodstvo-rossii>
8. Фириченков, В. Е. Мирзоянц, Ю. А. Состояние овцеводства в России, технологии содержания и обеспеченность техническими средствами // Труды 6 межд. конф., Кострома : КГСХА, 2017.

М. М. Ковалёв¹, д-р техн. наук, **Г. А. Перов¹**, канд. техн. наук, **В. А. Кондрашов¹**
Н. Д. Лепешкин², канд. техн. наук, **С. Ф. Лойко²**, **А. И. Тарима²**

¹ФГБНУ ФНЦ ЛК, г. Тверь, РФ
e-mail: vniiml2@mail.ru

²РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: vozd_ub_len@tut.by

АНАЛИЗ РАБОТЫ ИГОЛЬЧАТОЙ БОРОНЫ ПРИ ДВИЖЕНИИ ПО ПОЧВЕ

Аннотация: Изложено состояние проблемы поверхностной предпосевной обработки почвы под посев мелкосеменных культур, решение которой позволит повысить эффективность их возделывания. Показана целесообразность применения игольчатых борон с пассивным приводом и радиально установленными на дисках прямолинейными иглами. Анализ их работы позволил выявить ряд неизученных вопросов, решение которых необходимо для дальнейшего совершенствования этих рабочих органов в целях повышения производительности, и более высокого качества выполнения технологического процесса. Проведён анализ прокалывания почвы иглами игольчатой бороны, уточнены силы, действующие на иглы при взаимодействии с почвой, рассмотрены особенности движения игл. Получена уточненная зависимость для определения движущей силы игольчатой бороны, с учетом силы сопротивления, преодолеваемой иглой при выходе из почвы.

Ключевые слова: почва, прокол, сопротивление, игольчатая борона, движущая сила, зависимость.

M. M. Kovalev¹, *doctor of technical sciences*, **G. A. Perov¹**, *candidate of technical sciences*, **V. A. Kondrashov¹**,
N. D. Lepioshkin², **S. F. Loyko²**, **A. I. Taryma²**

¹FGBNU FNTS LK, Tver, Russia
e-mail: vniiml2@mail.ru

²RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»
Minsk, Republic of Belarus
e-mail: vozd_ub_len@tut.by

INVESTIGATION OF THE OPERATION OF A NEEDLE HARROW WHEN DRIVING ON SOIL

Abstract: The state of the problem of surface pre-sowing tillage for sowing small-seed crops is described. The solution of this problem will increase the efficiency of their cultivation. The expediency of application of needle harrows with a passive drive and radially installed on the discs with rectilinear needles is shown. The analysis of their work made it possible to identify a number of unexplored issues, the solution of which is necessary to further improve these working bodies in order to increase productivity and improve the quality of the process. The analysis of piercing of soil by needles of a needle harrow is carried out, the forces acting on needles at interaction with soil are specified, features of movement of needles are considered. A refined dependence was obtained to determine the driving force of the needle harrow, taking into account the resistance force overcome by the needle when exiting the soil.

Keywords: soil, puncture, resistance, needle harrow, driving force, dependence.

Введение

Поверхностная предпосевная обработка почвы представляет собой мероприятия, направленные на получение качественной поверхности почвы и создание благоприятных условий для прорастания семян и развития растений, что в дальнейшем приводит к увеличению урожайности [1–4]. Эффективность возделывания льна-долгунца и других мелкосеменных культур во многом определяется уровнем такой обработки почвы. Для получения заданных параметров стеблестоя льна-долгунца обработанный слой почвы должен быть хорошо взрыхленным и мелкокомковатым [4].

Для весенней поверхностной предпосевной обработки почвы применяются игольчатые бороны. В сравнении с другими ротационными рабочими органами, игольчатые бороны меньше распыляют почву, хорошо её сепарируют, они менее энергоёмкие и способны работать на повышенных скоростях. Кроме того, в последние годы фирмой «Dupont» созданы ликвилайзеры для внесения жидких удобрений, у которых в качестве колес инъекций применены игольчатые диски, что расширяет объёмы их использования [5]. Поэтому игольчатые бороны являются наиболее перспективными для поверхностной предпосевной обработки почвы при возделывании льна-долгунца и других мелкосеменных культур, возможности которых пока не реализованы полностью [5,6].

Игольчатые бороны исследованы рядом авторов [2,3,5–7], однако, несмотря на это, недостаточно изучены вопросы взаимодействия игл с почвой, в частности силы, действующие на иглы бороны при обработке почвы, и особенности движения игл.

Цель данного исследования заключается в проведении уточнённого анализа сил, действующих на иглы бороны при обработке почвы с учетом силы сопротивления, преодолеваемой иглой при выходе из почвы.

Основная часть

Рассматриваемая игольчатая борона относится к устройствам, имеющим ведомые звенья, совершающие качение по почве в продольно-вертикальной плоскости (рис. 1).

При этом игольчатые диски 1, движущиеся в этой плоскости, углубляются иглами 2 в почву, производят её прокол и рыхление.

Движение бороны осуществляется под действием горизонтально приложенных в центрах дисков сил P_d . Диск 1 (рис. 1) движется влево со скоростью V_c и с угловой скоростью ω вращается против часовой стрелки вокруг оси C .

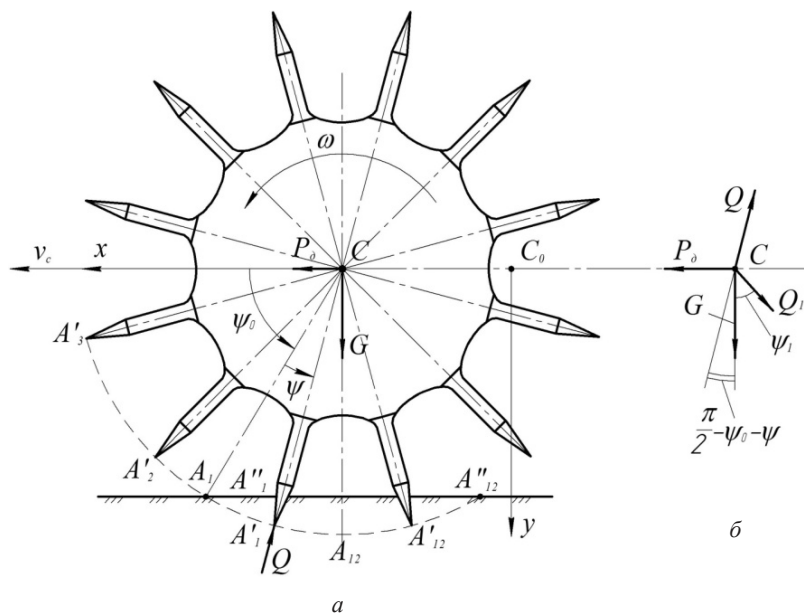


Рис. 1 – Схема движения игольчатой бороны (а) и силы, действующие на центр C диска бороны (б).
1 – диск; 2 – игла

Заглубление игл в почву происходит под действием силы тяжести G бороны. Сопротивление иглы заглублению в почву происходит с силой Q , направленной по оси иглы к центру вращения C .

При вращении иглы вокруг неподвижного центра C конец иглы описывает дугу. Конец иглы описывает в пространстве сложную кривую (циклоиду).

Методы исследования базируются на системном анализе и теоретическом расчеты.

Результаты исследований

Анализ работы игольчатой бороны проведён исходя из следующих допущений:

– борона с дисками и иглами рассматривается как тело, движущееся вместе с энергосредством влево по горизонтали, при этом оси дисков перпендикулярны плоскости движения, а диски с иглами вращаются против часовой стрелки вокруг своих осей;

– начало взаимодействия движущей иглы с почвой происходит в момент, когда ее конец касается почвы в положении A_1 (рис. 1, *a*). После этого игла, обозначенная как CA'_1 , еще больше заглубляется в почву под углом $(\Psi_0 + \Psi)$ к горизонтали Cx , по которой направлена движущая сила P_d бороны (здесь Ψ_0 – угол xCA'_1 , характеризующий начальное положение иглы на рис. 1, *a*, а Ψ – текущее значение угла $A_1CA'_1$, характеризующий положение иглы во время ее поворота и заглубления в почву);

– прокол почвы полностью заканчивается, когда игла CA'_1 перешла положение линии CA'_2 на половину толщины $\delta_{ин}$ иглы, т.е. когда игла повернулась на угол $\Psi = \delta_{ин}/r_{ин}$, где $r_{ин}$ – радиус центра C вращения диска до конца иглы (измеряется в радианах).

Ввиду того, что Q – сила сопротивления одной иглы углублению в почву, для точности расчетов следует считать G силой тяжести той части веса бороны, которая приходится на одну работающую иглу, а P_d – той частью движущей силы, которая приходится на одну работающую иглу.

Введем на рис. 1, *a* неподвижную систему координат xC_0y с началом в точке C_0 (центр диска в начальном положении). Ось C_0x направим по горизонтали влево из центра C_0 в сторону движения бороны, а ось C_0y – вниз. На рис. 1, *б* показаны силы, действующие на центр C диска бороны. Тогда, в соответствии с законами плоскопараллельного движения твердого тела, дифференциальные уравнения движения диска бороны, будут:

$$\left. \begin{aligned} m_{ду} \ddot{x}_c &= m_{ду} \frac{d^2 x_c}{dt^2} = P_d - Q_x - Q_{1x}; \\ m_{ду} \ddot{y}_c &= m_{ду} \frac{d^2 y_c}{dt^2} = G - Q_y - Q_{1y}; \\ I_c \ddot{\Psi} &= I_c \frac{d^2 \Psi}{dt^2} = M, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где $m_{ду}$ – масса диска с иглами; \ddot{x}_c – проекция линейного ускорения центра C диска на ось x ; t – время; Q_x – проекция силы Q на ось x ; \ddot{y}_c – проекция линейного ускорения центра C на ось y ; Q_y – проекция силы Q на ось y ; Q_1 – сила сопротивления, преодолеваемая иглой при выходе из почвы; Q_{1x} – проекция силы Q_1 на ось x ; Q_{1y} – проекция силы Q_1 на ось y ; J_c – момент инерции диска с иглами и пластом почвы относительно оси вращения C ; $\ddot{\Psi}$ – угловое ускорение вала диска; Ψ – угол поворота диска от линии CA_1 (отсчитывается против часовой стрелки); x_c – абсцисса центра C ; y_c – ордината центра C ; M – момент силы трения, действующий со стороны почвы на иглу во время вращения диска (определяется опытным путем).

Из первого уравнения (1) с учетом характера движения бороны в агрегате с трактором, который движется равномерно, следует, что проекция ускорения \ddot{x}_c равна нулю. Тогда $\ddot{x}_c = C$, где C – константа, т.е. постоянная скорость v_c агрегата. Во втором уравнении (1) $\ddot{y}_c = 0$, так как проекция ускорения точки C на ось y равна нулю (центр C не движется по вертикали). В третьем уравнении (1) угловое ускорение $\ddot{\Psi} = 0$, а угловая скорость $\dot{\Psi}$, равная ω , постоянна. Ввиду этого из трех уравнений (1) остаются следующие два уравнения статистики:

$$\left. \begin{aligned} P_d - Q_x - Q_{1x} &\approx 0; \\ G - Q_y - Q_{1y} &\approx 0. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Как видно из рис. 1, *a* «выходящая» игла A'_2 вращается в зоне, где прокол почвы уже выполнен. Будем считать, что почва под диском с иглами передвигается вправо и вверх на расстояние

$A_1A'_{12}$ под действием сил воздействия движущихся игл. Определить теоретически закономерность изменения этих сил воздействия трудно, лучше это делать на основе экспериментов.

Будем считать также, что эти силы воздействия в зоне $A'_1A''_{12}$ прокола почвы больше в левой части бороны и уменьшаются с ростом пути перемещения концов игл до точки A''_{12} , где воздействие можно считать равным нулю. Тогда сила воздействия Q_{1x} в этой зоне будет равна:

$$Q_{1x} \approx \xi_1 Q_x, \quad (3)$$

где ξ_1 – опытный коэффициент, показывающий, какая доля силы Q_x будет действовать в зоне $A_{12}A''_{12}$ (в точке A''_{12} коэффициент ξ_1 может быть равен нулю).

Точно также проекция Q_{1y} силы Q_1 будет равна:

$$Q_{1y} \approx \xi_2 Q_y, \quad (4)$$

где ξ_2 – опытный коэффициент, показывающий, какая доля силы Q_y будет действовать в зоне $A_{12}A''_{12}$ (в точке A''_{12} коэффициент ξ_2 может быть равен нулю).

Равнодействующая силы Q_1 составляющих сил Q_{1x} и Q_{1y} на основе изложенных выше данных будет равна:

$$Q_1 \approx \sqrt{Q_{1x}^2 + Q_{1y}^2} = \sqrt{(\xi_1 Q_x)^2 + (\xi_2 Q_y)^2}. \quad (5)$$

Игла A'_{12} мало опирается на твердую почву, и сила реакции почвы здесь мала. Принимаем, что сила G давит в основном на иглу A'_1 , производящей прокол почвы. Это положение тем справедливее, чем ближе игла A'_1 к выходу из зоны A_1A_{12} , а именно к вертикали CA_{12} . Точно определить изменение действия силы G на иглы CA'_1 при входе и CA'_{12} при выходе из почвы очень трудно. Ввиду таких особенностей действия силы G дальнейшие расчеты проведем лишь для приближенного определения сил P_d и G . Определим эти силы из равенств (2):

$$\left. \begin{aligned} P_d &\approx Q_x + Q_{1x}; \\ G &\approx Q_y + Q_{1y}. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Из второго уравнения (6) следует, что игольчатая борона может работать лишь при определенном ее весе G . Если этот вес недостаточен, то необходимое углубление игл в почву может не произойти.

Для анализа первого уравнения (6) проанализируем силы, показанные на рис. 1, б. На нём представлены силы, действующие на ось C бороны. Это сила движущая P_d , сила тяжести G и силы сопротивления Q и Q_1 . Линия действия силы Q проходит по линии иглы под углом $\frac{\pi}{2} - \Psi_0 - \Psi$ к вертикали (здесь Ψ_0 – угол отклонения от горизонтали линии иглы в момент касания поверхности почвы кончиком иглы, Ψ – угол поворота иглы во время её углубления в почву), а линия действия силы Q_1 проходит под углом Ψ_1 к вертикали.

Из первого уравнения (6) следует, что сила $P_d \approx Q_x + Q_{1x}$. Из рис. 1, б видно, что сила $Q_x = Q \sin\left(\frac{\pi}{2} - \Psi_0 - \Psi\right) = Q \cos(\Psi_0 + \Psi)$.

Из того же рис. 1, б следует, что сила $Q_{1x} = Q_1 \sin \Psi_1$. Тогда

$$P_d \approx Q \cos(\Psi_0 + \Psi) + Q_1 \sin \Psi_1. \quad (7)$$

Сила Q зависит от глубины погружения иглы в почву.

Согласно опытным данным зависимость Q от глубины λ погружения иглы в почву близка к линейной, т.е.

$$Q \approx k\lambda, \quad (8)$$

где k – коэффициент, определяемый опытным путем, Н/м.

С учетом равенства (8) уравнение (7) получит следующий вид:

$$P_o \approx \kappa \lambda \cos(\Psi_o + \Psi) + Q_1 \sin \Psi_1. \quad (9)$$

В этой формуле два переменных: λ и Ψ , причем λ зависит от Ψ . Глубина λ погружения иглы в почву равна [6]:

$$\lambda \approx \frac{h_n}{\Psi_{12}} \Psi, \quad (10)$$

где h_n – полная глубина погружения иглы в почву; Ψ_{12} – полное значение угла Ψ от точек A_1 до точки O_1 (Ψ_{12} – угол A_1CA_{12}); $\Psi_{12} = 90^\circ - \Psi$.

Подставляя (10) в (9) получим следующую зависимость силы P_o :

$$P_o \approx \kappa \frac{h_n}{\Psi_{12}} \Psi \cos(\Psi_o + \Psi) + Q_1 \sin \Psi_1. \quad (11)$$

Формула (11) представляет собою зависимость силы P_o от величин κ , h_n , Ψ_{12} , Ψ_o , Q_1 , Ψ , Ψ_1 . Из этих величин Ψ является переменной, остальные же постоянные. Эту формулу можно записать таким образом, что сила P_o будет величиной, зависимой только от λ при остальных параметрах неизменных. Для этого воспользуемся формулой (11), из которой следует, что

$$\Psi \approx \frac{\Psi_{12}}{h_n} \lambda. \quad (12)$$

С учетом этого значения Ψ , подставляя которое в (11), имеем:

$$P_o \approx \kappa \lambda \cos\left(\Psi_o + \frac{\Psi_{12}}{h_n} \lambda\right) + Q_1 \sin \Psi_1, \quad (13)$$

где величины Ψ_o, Ψ_{12} и Ψ_1 должны быть в градусах.

Анализ исследования показал, что до начала прокола и в момент соприкосновения концов игл с почвой при глубине $\lambda = 0$, угол Ψ и сила P_o также равны нулю.

В этот момент сила $Q_x = 0$, значит, вес G мало передается на игольчатую борону, а больше воспринимается колесами агрегата или трактора. Но с ростом угла Ψ и глубины λ сила P_o возрастает. В этом случае возрастут и составляющие Q_x и Q_y . Вес G воспринимается иглами бороны сначала частично, а затем и полностью, особенно при росте силы Q .

Когда угол Ψ достигает значений, близких к Ψ_{12} , и прокол почвы заканчивается, составляющая Q_x и движущая сила P_o уменьшаются. Из-за уменьшения составляющей Q_y сила тяжести G снова начинает передаваться, хотя бы частично, на опоры агрегата или трактора.

Таким образом, в начале и конце заглабления иглы, а также при её выходе из почвы сила P_o равна нулю. В остальном же сила P_o , а также та часть силы тяжести G , которая передается на иглы при проколе почвы, значительны.

Выводы

Проведен уточненный анализ сил, действующих на иглы бороны при обработке почвы с учетом силы сопротивления, преодолеваемой иглой при выходе из почвы. Рассмотрены особенности взаимодействия игл бороны с почвой.

Составлены дифференциальные уравнения (2) движения диска бороны. Анализом этих уравнений получена зависимость (13) для определения движущей силы бороны, с учетом заглабления иглы в почву и выхода из нее, что позволит повысить точность расчетов.

Список использованных источников

1. Конищев, А. А. Обоснование параметров рабочих органов игольчатой бороны для обработки почвы на стерневых фонах: дис. ... канд. техн. Наук / Конищев Алексей Алексеевич. – Шортланды, 1983. – 174 с.

2. Смирнов, П. А. Обоснование параметров игольчатой бороны с кинематическим соединением между эшелонированными батареями: дис. ... канд. техн. Наук / Смирнов Петр Алексеевич. – Чебоксары, 2002. – 124 с.
3. Голубев, В. В. Совершенствование технологических процессов и технологических средств для предпосевной обработки почвы, посева льна и других мелкосеменных культур: автореф. дис. ... докт. техн. Наук / Голубев Вячеслав Викторович. – М, 2017. – 40 с.
4. Хайлис, Г. А. О взаимодействии игл игольчатой бороны с почвой при разных режимах работы / Г. А. Хайлис, М. М. Ковалев, Н. Н. Толстушко, В. В. Шевчук // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – №5. – С. 25–28.
5. Ковалев, М. М. Теоретические основы воздействия игл игольчатой бороны на почву / М. М. Ковалев, С. В. Прокофьев, Д. Г. Фадеев, В. А. Кондрашов // Техника и оборудование для села. – 2017. – №1. – С. 12–15.
6. Шапарь, М. С. Обоснование конструктивных и технологических параметров виброкатка / М. С. Шапарь, А. Н. Шишлов // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – №5. – С. 24–25.
7. Сизов, И. В. Инновационная игольчатая борона для поверхностной обработки почвы под лён-долгунец / И. В. Сизов, В. А. Кондрашов // Конкурентоспособность и инновационная активность АПК регионов : сб. науч. тр. по мат. Межд. науч.-практ. конф. 6–8 февраля 2018. – Тверь : Тверская ГСХА, 2018. – С. 215–217. – 368 с.

Г. А. Перов¹, канд. техн. наук, С. Ф. Лойко², А. И. Тарима²

¹ФГБНУ ФНЦ ЛК, г. Тверь, РФ
e-mail: vniiml2@mail.ru

²РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: vozd_ub_len@tut.by

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРЕССОВАЛЬНОЙ КАМЕРЫ ДВУХКАМЕРНОГО РУЛОННОГО ПРЕСС-ПОДБОРЩИКА

Аннотация: В работе рассмотрены процессы пофазного формирования рулона из льнотресты в комбинированной прессовальной камере двухкамерного рулонного пресс-подборщика. Формирование рулона из ленты стеблей льна в комбинированной прессовальной камере двухкамерного рулонного пресс-подборщика коренным образом отличается от аналогичного процесса известных пресс-подборщиков как отечественных, так и зарубежных. Выполнение операции формирования рулона в этой прессовальной камере состоит из четырех фаз. В статье изложены результаты теоретических исследований работы усовершенствованной прессовальной камеры переменного объема двухкамерного рулонного пресс-подборщика. Получены уточненные формулы длины бесконечных ремней и угла охвата рулона этими ремнями в прессовальной камере переменного объема пресс-подборщика. Рост объема рулона и величины петли, которая образуется бесконечными ремнями, осуществляется благодаря повороту верхней прессовальной рамки вверх против часовой стрелки. Приведены зависимости для обоснования параметров рулонного пресс-подборщика. Использование дополнительной подпрессовки верхних слоёв ленты льнотресты обеспечивает исходную параллельность стеблей в ленте тресты, более равномерную плотность рулона по его поперечному сечению и увеличение его массы на 12–15 %, что положительно сказывается на повышении эффективности прессования рулонов льна.

Ключевые слова: двухкамерный пресс-подборщик, прессовальная камера, бесконечные ремни, прессовальная рамка, рулон, лента льна.

G. A. Perov¹, candidate of technical sciences, S. F. Loyko², A. I. Taryma²

¹FGBNU FNTS LK, Tver, Russia
e-mail: vniiml2@mail.ru

²RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»
Minsk, Republic of Belarus
e-mail: vozd_ub_len@tut.by

JUSTIFICATION OF THE PARAMETERS OF THE PRESSING CAMERA OF THE TWO-CHAMBERS FLAX BALER

Abstract: The processes of phase formation of a bale from flax straw in a combined bale chamber of a two-chamber baler is considered. The formation of a bale from flax straw in the combined bale chamber of a two-chamber round baler differs from a similar process by well-known balers, both domestic and foreign, radically. The bale forming operation in this device consists of four phases. The results of theoretical studies of the work of an improved bale chamber of a variable volume of a two-chamber round baler are discussed. The math formulas for the length of the endless belts and the angle of the roll coverage of these belts in the baler variable volume bale chamber are obtained. The increasing of the volume of a bale and the size of the loop, which is formed by endless belts, is carried out by turning the upper press frame up counterclockwise. The dependencies of the parameters of the round baler are given. The use of additional prepressing of the upper layers of flax straw provides the initial parallelism of the stems in the layer of retted straw, a more uniform roll density across its cross section and an increase in its mass by 12–15 %, which has a positive effect on the efficiency of pressing flax bales.

Keywords: two-chamber baler, bale chamber, endless straps, bale frame, bale, flax straw.

Введение

В настоящее время высокий уровень механизации уборочных работ достигается при прессовании льняной тресты в цилиндрические паковки массой 200...250 кг, плотностью 100...120 кг/м³ и диаметром около 1,5 м. Основным технологическим средством для этой операции является рулонный пресс-подборщик льняной тресты с прессовальной камерой переменного объема, образуемой бесконечными ремнями. В таких прессовальных камерах происходит недостаточное уплотнение внешних слоев ленты стеблей льна в рулоне по сравнению с внутренними, что приводит к значительной неравномерности распределения плотности в поперечном сечении рулона. Кроме того, часто происходит выход из строя бесконечных ремней вследствие их растяжения или разрыва при увеличении силы натяжения для уплотнения внешних слоев ленты стеблей в рулоне. Растяжение этих ремней приводит к перепутыванию, скручиванию и повреждению стеблей, нарушению параллельности между ними в рулоне, что отрицательно влияет на его качество [1–11]. В связи с выше изложенным задача повышения эффективности прессования рулонов льна путем усовершенствования прессовальной камеры переменного объема и обоснования параметров и режимов работы её рабочих органов является актуальной.

Цель исследования – определить основные параметры прессо-вальной камеры переменного объема двухкамерного рулонного пресс-подборщика.

Основная часть

Исходя из предшествующих исследований [12–16] была принята технологическая схема комбинированной прессовальной камеры (двухкамерной), в которой образование зародыша и образование рулона проходит в камере переменного объема, а окончательное формирование и уплотнение рулона в камере постоянного объема. По принятой схеме была разработана конструктивно-технологическая схема двухкамерного рулонного пресс-подборщика представленная на рис. 1.

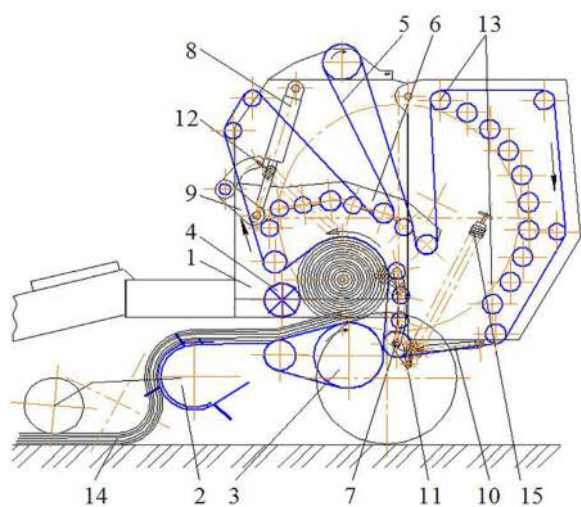


Рис. 1 – Конструктивно технологическая схема двухкамерного рулонного пресс-подборщика с прессовальной камерой переменного объема

1 – рама; 2 – подборщик; 3 – ведущий барабан; 4 – рулонообразующий валец; 5 – бесконечные прессующие ремни; 6 – верхняя прессовальная рамка; 7 – нижняя прессовальная рамка; 8 – гидроцилиндр верхней прессовальной рамки; 9 – рычаг гидроцилиндра; 10 – гидроцилиндр нижней прессовальной рамки; 11 – рычаг гидроцилиндра; 12 – пружины растяжения; 13 – дополнительные вальцы; 14 – лента стеблей льна; 15 – пружины растяжения

Процесс формирования рулонов пресс-подборщиков состоит из следующих операций:

1. подбор ленты стеблей тресты с поверхности поля;
2. транспортирование подобранной ленты в прессовальную камеру;
3. формирование рулона из ленты стеблей льна, 4) обмотки рулона шпагатом;
4. выброса сформированного рулона из прессовальной камеры на поле.

Формирование рулона из ленты стеблей льна в комбинированной прессовальной камере двухкамерного рулонного пресс-подборщика (6) коренным образом отличается от аналогичного процесса известных пресс-подборщиков как отечественных, так и зарубежных. Выполнение операции формирования рулона в этой прессовальной камере состоит из четырех фаз [15,16,17]:

в первой фазе льнотреста поступает в пространство между прессующими ремнями 5, ведущим барабаном 3 и рулонообразующим вальцом 4 (формируется зародыш). Первая фаза, по сравнению с остальными имеет наименьшую продолжительность и заканчивает-

ся при диаметре зародыша 200–250 мм. При этом весь процесс формирования зародыша протекает за счет растяжения прессующих ремней (удлинение ремней составляет 20–30 мм;

во второй фазе формирования по мере увеличения диаметра рулона (согласно рис. 1) верхняя прессовальная рамка *б* совместно с рычагом *9* поворачивается вокруг своей оси и поднимается вверх – происходит начальное уплотнение рулона. При этом паз рычага *9* гидроцилиндра верхней прессовальной рамки выбирает свободный ход, а усилие прессования создается пружинами *12* верхней прессовальной рамки. Вторая фаза характеризуется увеличением диаметра рулона до 400–500 мм и удлинением ремня на 400–420 мм;

третья фаза характеризуется формированием рулона в петлеобразной прессовальной камере (согласно рис. 1) образованной рабочими органами в виде ведущего барабана *3*, верхней прессовальной рамки *б*, нижней прессовальной рамки *7* и бесконечных прессующих ремней *5*.

Третья фаза отличается от первых двух тем, что на рулон действует сила прессования от верхнего *8* и нижнего *10* гидроцилиндров соединенных с пневмогидроаккумулятором. В этой фазе рулон увеличивается до полного заполнения прессовальной камеры. Все эти фазы формирования рулона проходят в первичной камере;

в четвертой фазе происходит уплотнение наружных слоев в камере постоянного объема образованной ведущим барабаном *3*, нижней *7* и верхней *б* прессовальными рамками, а также дополнительными вальцами *13* и прессующими ремнями *5*. Характерной особенностью четвертой фазы прессования рулона является то, что на этом этапе происходит уплотнение наружных слоев рулона без увеличения его диаметра и растяжения прессующих ремней вследствие увеличения плотности рулона. При достижении рулоном заданной плотности он обматывается шпагатом и затем выбрасывается на поле, после чего весь цикл повторяется.

На данном этапе исследований более подробно исследуем четвертую фазу формирования рулона при следующих допущениях:

- рулонный пресс-подборщик при работе совершает поступательное, прямолинейное и равномерное движение;
- лента стеблей льна поступает в прессовальную камеру, равномерная по толщине и без разрывов;
- бесконечные ремни не растягиваются под действием сил растяжения;
- жесткость бесконечных ремней незначительна и ею можно пренебречь;
- пренебрегаем толщиной бесконечных ремней;
- рулон рассматриваем как тело цилиндрической формы, которое сжимается в радиальном направлении.

Определение длины петли, которая образуется бесконечными ремнями в четвертой фазе формирования рулона (рулон достиг максимального диаметра и заданной плотности) необходимо знать так как, от этого зависит в первую очередь угол подъема и опускания верхней прессовальной рамки *б* и угол охвата ведущего вальца бесконечными прессующими ремнями *5*, а также параметры конструкции пресса.

Для этого согласно рис. 2 рассмотрим схему для определения длины петли бесконечных прессующих ремней, где показано размещение рулона с центром тяжести *С* в четвертой фазе формирования рулона в прессовальной камере.

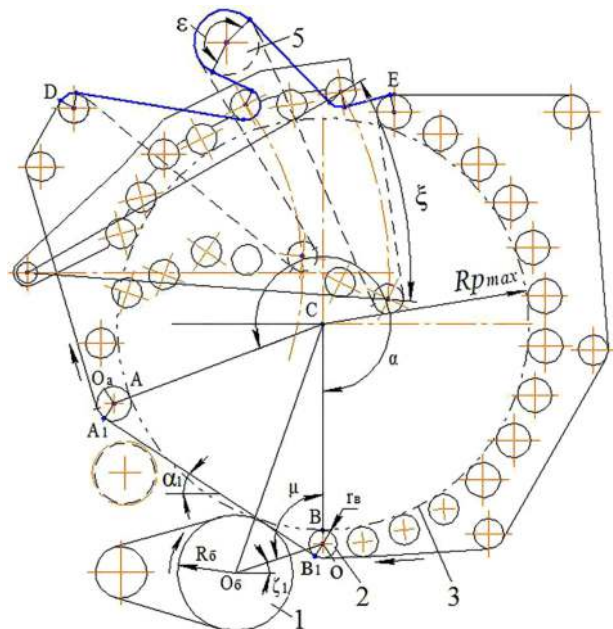


Рис. 2 – Схема для определения длины петли бесконечных прессующих ремней: 1 – барабан; 2 – вальцы; 3 – бесконечные прессующие ремни; 4 – рулон льна; 5 – ведущий валец

Рулон 4 радиусом R_{pmax} охватывают бесконечные прессующие ремни 3, и дальше они огибают два вальца 2 радиусом r_b , которые наиболее близко расположены к барабану 1 с центром O_b и радиусом R_b . Определим зависимость длины петли S_{Π} от радиуса R_{pmax} рулона и параметров пресс-подборщика.

В заключительной фазе (рулон полностью сформирован) петлю B_1BAA_1 , которая образуется бесконечными прессующими ремнями 3 (в соответствии с рис. 2) разделим на отдельные участки и определим их длину.

Тогда длина S_{Π} равна:

$$S_{\Pi} = S_1 + S_2 + S_3, \quad (1)$$

где S_1 – длина дуги BB_1 между точками B и B_1 прессующих ремней на нижнем вальце 2 с центром O ; S_2 – длина дуги BA между точками B и A прессующих ремней охватывающих полный рулон с центром C ; S_3 – длина дуги AA_1 между точками A и A_1 прессующих ремней на верхнем вальце с центром O_a .

Для дальнейшего расчета выделим обозначенные выше элементы в отдельный фрагмент представленный на рисунке 3 и сделаем следующие допущения; известны следующие конструктивные параметры: радиус R_b барабана; радиус вальцов; расстояние которое обозначим l_1 ; расстояние B_1A_1 которое обозначим l_0 ; максимальный радиус рулона R_{pmax} ; угол ζ между линией O_bO и горизонталью; угол α между линией O_bO_a ($O_bO_a = B_1A_1$) и горизонталью;

Из треугольника O_bCO по теореме косинусов определим угол μ .

$$\mu = \arccos(l_1^2 + r_b^2 - R_b^2 + 2R_{pmax}(r_b - R_b) / 2l_1(R_{pmax} + r_b)). \quad (2)$$

Для определения угла γ рассмотрим треугольник O_bOB_2 . Для этого проведем линию B_2B_3 параллельную линии прессующих ремней A_1B_1 (на рис. 2 показана пунктиром и соответствует положению прессующих ремней при полностью опущенной вниз верхней прессовальной рамке – рулона в прессовальной камере нет) и получим что,

$$\angle O_bB_2O = \angle O_bB_2B_3 + \angle B_3B_2O; \text{ где } \angle O_bB_2B_3 = \angle \alpha_1, \text{ а } \angle B_3B_2O = 90^\circ \text{ так как } OB_2 \perp B_2B_3.$$

Тогда: $\gamma = 180^\circ - \zeta_1 - (\alpha_1 + 90^\circ) = 90^\circ - (\zeta_1 + \alpha_1)$

Счетом определенных углов, длина дуги B_1B прессующих ремней огибающих нижний валец 2 будет;

$$S_1 = \pi r_b (\mu + \gamma) / 180^\circ = 0,01745 \cdot r_b \cdot [\mu + 90^\circ - (\zeta_1 + \alpha_1)]$$

$$\text{Или } S_1 = 0,01745 \cdot r_{\Pi} (\mu + 90^\circ - \zeta_1 - \alpha_1) \quad (3)$$

Из равнобедренного треугольника O_bO_aC по теореме косинусов определим угол λ .

$$\lambda = \arccos(1 - (l_0^2 / 2(R_{pmax} + r_b)^2)). \quad (4)$$

Определим S_2 – длину дуги BA между точками B и A прессующих ремней охватывающих полный рулон с центром C

$$S_2 = \pi R_{pmax} \alpha / 180^\circ = 0,01745 R_{pmax} (360^\circ - \lambda), \quad (5)$$

где $\alpha = (360^\circ - \lambda)$.

Для нахождения длины дуги $AA_1 = S_3$ между точками A и A_1 прессующих ремней охватывающих верхний валец 2 найдем угол β . Для этого рассмотрим равнобедренный треугольник O_aCO ($O_aC = OC = r_b + R_{pmax}$). Тогда по теореме косинусов

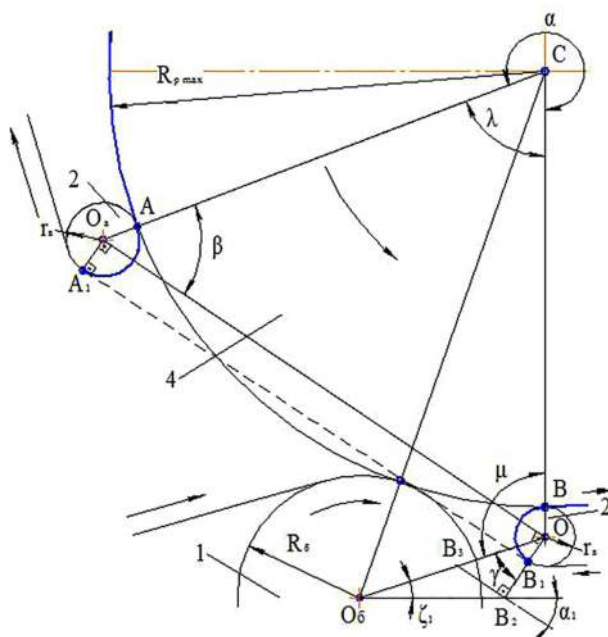


Рис. 3 – Фрагмент расчетной схемы с рис. 2: 1 – барабан; 2 – вальцы; 4 – рулон льна

$$\beta = \arccos \frac{L_0}{2(r_2 + R_{pmax})}, \quad (6)$$

где L_0 – расстояние OO_a между центрами нижнего и верхнего валцов, 2.

С учетом выше определенного угла β длина дуги $AA_1=S_3$ между точками A и A_1 прессующих ремней будет

$$S_3 = \pi \cdot r_g \cdot (90^\circ + \beta) / 180^\circ = 0,01745 \cdot r_g (90^\circ + \beta). \quad (7)$$

В заключительной фазе (рулон полностью сформирован) длина S_{Π} петли B_1BAA_1 , которая образуется бесконечными прессующими ремнями 3 охватывающих нижний валец 2, полный рулон 4 и верхний валец 2 согласно уравнений (1), (3), (5) и (7) равна:

$$\begin{aligned} S_{\Pi} = S_1 + S_2 + S_3 &= 0,01745 \cdot r_g (\mu + 90^\circ - \zeta_1 - \alpha_1) + 0,01745 R_{pmax} (360^\circ - \lambda) + 0,01745 r_g (90^\circ + \beta) = \\ &= 0,01745 \cdot [r_g (\mu + 90^\circ - \zeta_1 - \alpha_1) + R_{pmax} (360^\circ - \lambda) + r_g (90^\circ + \beta)] \end{aligned} \quad (8)$$

После выброса сформированного рулона (с радиусом R_{pmax}) на льнице длина S_{Π} петли B_1BAA_1 , которая образовалась бесконечными прессующими ремнями 3 в процессе формирования рулона, выбирается за счет опускания вниз верхней прессовальной рамки b до длины L_0 равной расстоянию A_1B_1 (пунктирная линия на рис. 3). Обозначим высвободившуюся часть петли S_0 и определим ее значение:

$$S_0 = S_{\Pi} - L_0$$

или с учетом (8) будет;

$$S_0 = 0,01745 [r_g (\mu + 90^\circ - \zeta_1 - \alpha_1) + R_{pmax} (360^\circ - \lambda) + r_g (90^\circ + \beta)] - L_0. \quad (9)$$

Полученное значение высвободившейся части петли S_0 является одним из наиболее значимых параметров определяющих угол опускания верхней прессовальной рамки b и угол охвата ведущего вальца 5, от которых зависят показатели работы двухкамерного рулонного пресс-подборщика.

На основе изложенных выше данных в программной среде Mathcad проанализировано влияние этих параметров. При проведении анализа принимали:

$$R_{pmax} = 0,6 \text{ м}; R_g = 0,17 \text{ м}; r_g = 0,05 \text{ м}; l_1 = 0,27 \text{ м}; l_0 = 0,74 \text{ м}; \zeta = 18^\circ; \alpha_1 = 33^\circ.$$

На рис. 4 построены зависимости S_0 и ε , которые характеризуют явление формирования рулона из ленты льнотресты в прессовальной камере двухкамерного пресс-подборщика.

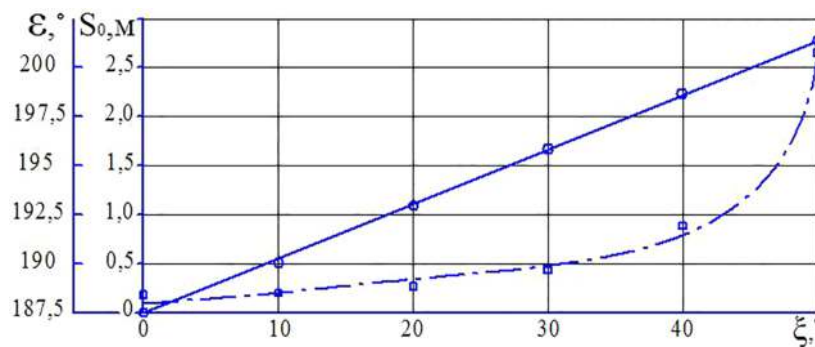


Рис. 4 – Зависимость $S_0 = S_0(\xi)$ и $\varepsilon = \varepsilon(\xi)$ от угла ξ подъема прессовальной рамки: — — — S_0 ; — · — — ε .

Как видно из графиков представленных на рис. 4 в процессе формирования рулона в прессовальной камере переменного объема вместе с увеличением диаметра рулона (увеличение петли S_0) увеличивается угол подъема ξ прессовальной рамки и угол ε охвата ведущего вальца 5.

Полученные теоретические исследования были использованы при разработке и изготовлении макетного образца двухкамерного рулонного пресс-подборщика представленного на рис. 5.



Рис. 5 – Общий вид пресса, спереди и справа

Заключение

1. Величина S_0 , на которую увеличивается длина бесконечных прессующих ремней в зоне прессовальной камеры, и угол ε охвата ведущего вальца этими ремнями с увеличением радиуса рулона с $R_{p0} \rightarrow R_{pmax}$ растут, что способствует надежному вращению рулона при его формировании. Рост объема рулона и величины петли, которая образуется бесконечными ремнями, осуществляется благодаря повороту верхней прессовальной рамки вверх против часовой стрелки.

2. Получены научно обоснованные параметры прессовальной камеры переменного объема двухкамерного рулонного пресс-подборщика обеспечивающие повышение плотности прессования до 250 кг/м^3 , увеличение массы рулона до 355 кг и повышение производительности на 15–25 %.

3. Результаты теоретических исследований использованы при разработке макетного образца двухкамерного рулонного пресс-подборщика который изготовлен и опробован в лабораторных условиях. В следующем году планируется его доработка с разработкой систем автоматизации, управления и контроля процесса формирования рулона и проведение полевых испытаний.

Список использованных источников

1. Ковалев, М.М. Галкин, А.В. Андрощук, В.С. Адаптивная технология комбинированной уборки льна-долгунца // В сборнике : Устойчивое развитие АПК регионов : ситуация и перспективы 2015. – С. 178–181.
2. Ковалев, М.М. Галкин, А.В., Машинные технологии производства льнопродукции и их эффективность // В книге : Инновационные процессы – основа модели стратегического развития АПК в XXI веке Редколлегия: Балаян, О.О. (редактор), Фирсова, Е.А. (зам. редактора), Велюханов, И.В. Абрамян, А.А. Андрощук, В.С. Чумаков, Ю.М. Красильникова, Е.В. Есина, Е.Н. (отв. секретарь). 2011. – С. 62–64.
3. Ростовцев, Р.А. Пучков, Е.М. Ущাপовский, И.В. Галкин, А.В. Романенко В.Ю. Стратегия национальной сырьевой безопасности России // В сборнике : Инновационные разработки для производства и переработки лубяных культур материалы Международной научно-практической конференции ФГБНУ ВНИИМЛ. 2017. – С. 3–13.
4. Пучков, Е.М. Галкин, А.В. Ущাপовский, И.В. О состоянии, проблемах и перспективах обеспечения специализированной техникой льнокомплекса России // Вестник НГИЭИ. 2018. № 5 (84). – С. 97–110.
5. Черников, В.Г. Инновационные технологии и технические средства нового поколения для производства и глубокой переработки лубяных культур [Текст] : учеб. пособие для вузов / В.Г. Черников, М.М. Ковалев, Ю.Ф. Лачуга, В.П. Козлов, И.И. Круглий, В.А. Грищенкова, Ю.С. Шустов, О.Г. Логинов, А.Д. Петровский, М.Ю. Савостьянова. – М. : Изд-во РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2011. – 150 с. : ил.
6. Васильев, Г.К. Особенности конструктивного исполнения рабочих органов льноуборочных машин фирмы «Ривьер Казалис» (Франция) [Текст] / Г.К. Васильев, П.В. Заушицин // Исследование технологических процессов и рабочих органов машин для уборки лубяных и других технических культур : сб. науч. тр. / ВИСХОМ. – М. : ВИСХОМ, 1987. – С. 10–15.

7. Луценко, В.М., Анализ формирования льнопродукции в рулонных прессах различного типа [Текст] / В.М. Луценко, В.Н. Бухаркин, Г.К. Васильев // Экономика, механизация и первичная обработка льна: сб. науч. тр. / ВНИИ льна. – Торжок, 1983.– Вып. XX. – С. 112–125.
8. Хайлис, Г.А. Льноуборочные машины [Текст] / Г.А. Хайлис [и др]. – М. : Машиностроение, 1985. – 232 с.
9. Заушицин, П.В. Исследование процесса формирования крупных рулонов из льнопродукции [Текст] / П.В. Заушицин // Исследование технологических процессов и рабочих органов машин для уборки лубяных и других технических культур: сб. науч. тр./ ВИСХОМ. – М. : ВИСХОМ, 1987. – С. 84–93
10. Особов, В.И. Механическая технология кормов [Текст] / В.И. Особов. – М. : Колос, 2009. – 344 с. : ил.
11. Хайлис, Г.А. Механика растительных материалов [Текст] / Г.А. Хайлис. – К. : УААН, 2002. – 374 с. : ил.
12. Толстушко, Н.А. Хайлис, Г.А. Перов, Г.А. Анализ формирования рулона ременным пресс-подборщиком // Внедрение инновационных разработок в целях повышения экономической эффективности в льняном комплексе России. – Вологда, 2012. – С. 198 – 200.
13. Толстушко, Н.А. Хайлис, Г.А. Шейченко, В.А. Перов, Г.А. Определение параметров прессовальной камеры переменного объема рулонного пресс-подборщика // Техника в сельском хозяйстве. – 2014. – № 3. – С. 4–8.
14. Перов Г.А. Анализ работы прессовальной рамки при формировании рулона пресс-подборщиком // Инновационные разработки производства и переработки лубяных культур: материалы Международной научно-практ. конф. – Тверь : Твер. гос. ун-т, 2016 – С. 206–209.
15. Перов, Г.А. Особенности формирования рулонов в прессовальной камере двухкамерного рулонного пресс-подборщика // Техника и оборудование для села. 2017. № 7 . – С. 8–11.
16. Перов, Г.А. Определение параметров прессовальной камеры двухкамерного рулонного пресс-подборщика/ Г.А. Перов, В.В. Зубанов // Техника и оборудование для села. 2017. № 10 . – С. 20–23.
17. Перов, Г.А., Перов, М.Г. Повышение эффективности прессования рулонов льна // В сборнике : Конкурентоспособность и инновационная активность АПК регионов Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. 2018. – С. 178–182.

М. М. Ковалёв¹, д-р техн. наук, **Г. А. Перов¹**, канд. техн. наук, **С. Ф. Лойко²**, **А. И. Тарима²**,
С. П. Колешко²

²ФГБНУ ФНЦ ЛК, г. Тверь, РФ
e-mail: vniiml2@mail.ru

²РУП «НППЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: vozd_ub_len@tut.by

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ РУЛОНОВ В ПРЕССОВАЛЬНОЙ КАМЕРЕ ДВУХКАМЕРНОГО РУЛОННОГО ПРЕСС-ПОДБОРЩИКА

Аннотация: В статье определены основные параметры рабочих органов усовершенствованной прессовальной камеры переменного объема двухкамерного рулонного пресс-подборщика. Даны зависимости для обоснования параметров рабочих органов этой прессовальной камеры переменного объема.

Ключевые слова: двухкамерный пресс-подборщик, прессовальная камера, бесконечные ремни, прессовальная рамка, рулон, лента льна.

M. M. Kovalev¹, *doctor of technical sciences*, **G. A. Perov¹**, *candidate of technical sciences* **S. F. Loyko²**, **A. I. Taryma²**,
S. P. Koleshko²

FGBNU FNTS LK, Tver, Russia
e-mail: vniiml2@mail.ru

RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»
Minsk, Republic of Belarus
e-mail: vozd_ub_len@tut.by

FEATURES OF FORMATION OF ROLLS IN THE PRESSING CAMERA OF A TWO-CHAMBER ROLLED PRESS-SIZER

Annotation: The article defines the main parameters of the working bodies of an improved bale chamber of variable volume of a two-chamber round baler. Dependencies are given for substantiating the parameters of the working bodies of this press chamber of variable volume.

Keywords: two-chamber baler, bale chamber, endless belts, bale frame, roll, linen flax.

Введение

В настоящее время высокий уровень механизации уборочных работ достигается при прессовании льняной тресты в цилиндрические паковки массой 200...250 кг, плотностью 100...120 кг/м³ и диаметром около 1,5 м. Основными преимуществами такого способа уборки являются: поточность технологического процесса; минимальная зависимость процесса уборки от погодных условий; сокращение сроков уборки и потерь льнопродукции; сокращение транспортных расходов, а также более полное использование складских помещений и полное исключение ручного труда на погрузочно-разгрузочных работах.

Основным технологическим средством для этой операции является рулонный пресс-подборщик льняной тресты с прессовальной камерой переменного объема, образуемой бесконечными ремнями. В таких прессовальных камерах происходит недостаточное уплотнение внешних слоев ленты стеблей льна в рулоне в сравнение с внутренними слоями, что приводит к значительной неравномерности распределения плотности в поперечном сечении рулона. Кроме того, часто происходит выход из строя бесконечных ремней вследствие их растяжения или разрыва при увеличении силы натяжения для уплотнения внешних слоев ленты стеблей в рулоне. Растяжение этих ремней приводит к перепутыванию, скручиванию и повреждению стеблей, нарушению параллельности между ними в рулоне, что отрицательно влияет на его качество. В свя-

зи с вышеизложенным, задача улучшения качества формирования рулонов льна, путем усовершенствования прессовальной камеры переменного объема и обоснования параметров, а также режимов работы её рабочих органов является актуальной [1, 2, 3, 4, 5].

Цель исследования состоит в определении процессов пофазного формирования рулона из льнотресты в комбинированной прессовальной камере двухкамерного рулонного пресс-подборщика.

Основная часть

Исходя из предшествующих исследований, была принята технологическая схема комбинированной прессовальной камеры (двухкамерной), в которой образование зародыша и образование рулона проходит в камере переменного объема, а окончательное формирование и уплотнение рулона в камере постоянного объема. По принятой схеме была разработана конструктивно-технологическая схема двухкамерного рулонного пресс-подборщика, представленная на рис. 1.

Процесс формирования рулонов пресс-подборщиком состоит из следующих операций: 1) подбор ленты стеблей тресты с поверхности поля, 2) транспортирование подобранной ленты в прессовальную камеру, 3) формирование рулона из ленты стеблей льна, 4) обмотки рулона шпагатом, 5) выброса сформированного рулона из прессовальной камеры на поле.

Формирование рулона из ленты стеблей льна в комбинированной прессовальной камере двухкамерного рулонного пресс-подборщика коренным образом отличается от аналогичного процесса известных пресс-подборщиков как отечественных, так и зарубежных. Выполнение операции формирования рулона в этой прессовальной камере состоит из четырех фаз представленных на рис. 2. В первой фазе льнотреста поступает в пространство между прессующими ремнями 5, ведущим барабаном 3 и рулонообразующим вальцом 4 (формируется зародыш, рис. 2. б). Это пространство клиновидной формы является начальной формой первой прессовальной камеры, где под действием движущихся прессовальных ремней, рулонообразующего вальца и ведущего барабана происходит уплотнение, петлеобразный изгиб и вращение ленты стеблей льнотресты. Первая фаза характеризуется условием создания зародыша рулона и обеспечением его стабильного вращения в первичной прессовальной камере. Первая фаза, по сравнению с остальными имеет наименьшую продолжительность и заканчивается при диаметре зародыша 200–250 мм. При этом весь процесс формирования зародыша протекает за счет растяжения прессующих ремней (удлинение ремней составляет 20–30 мм).

На рис. 2, в показана вторая фаза формирования рулона. По мере увеличения диаметра рулона верхняя прессовальная рамка 6 (рис. 1) совместно с рычагом 9 поворачивается вокруг своей оси и поднимается вверх – происходит начальное уплотнение рулона. При этом паз рычага 9 гидроцилиндра верхней прессовальной рамки выбирает свободный ход, а усилия прессования создаются пружинами 12 верхней прессовальной рамки, рис. 2, в. Вторая фаза характеризуется увеличением диаметра рулона до 400–500 мм и некоторым удлинением ремня. Третья фаза рис. 2, г характеризуется формированием ру-

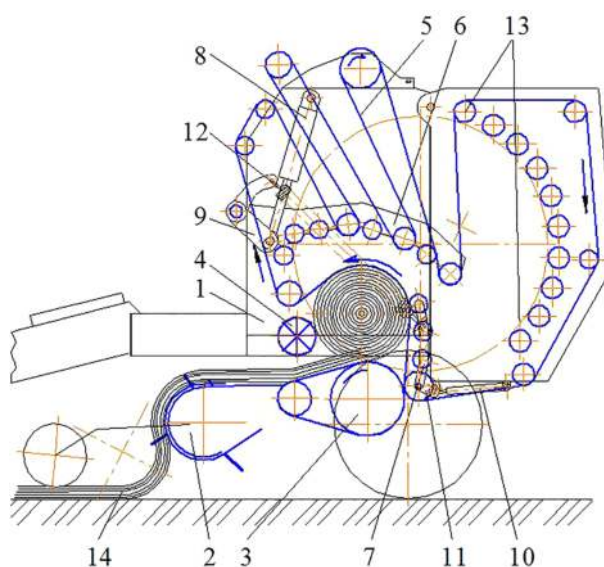


Рис. 1 – Конструктивно технологическая схема двухкамерного рулонного пресс-подборщика с прессовальной камерой переменного объема. 1 – рама; 2 – подборщик; 3 – ведущий барабан; 4 – рулонообразующий валец; 5 – бесконечные прессующие ремни; 6 – верхняя прессовальная рамка; 7 – нижняя прессовальная рамка; 8 – гидроцилиндр верхней прессовальной рамки; 9 – рычаг гидроцилиндра; 10 – гидроцилиндр нижней прессовальной рамки; 11 – рычаг гидроцилиндра; 12 – пружины растяжения; 13 – дополнительные вальцы; 14 – лента стеблей льна

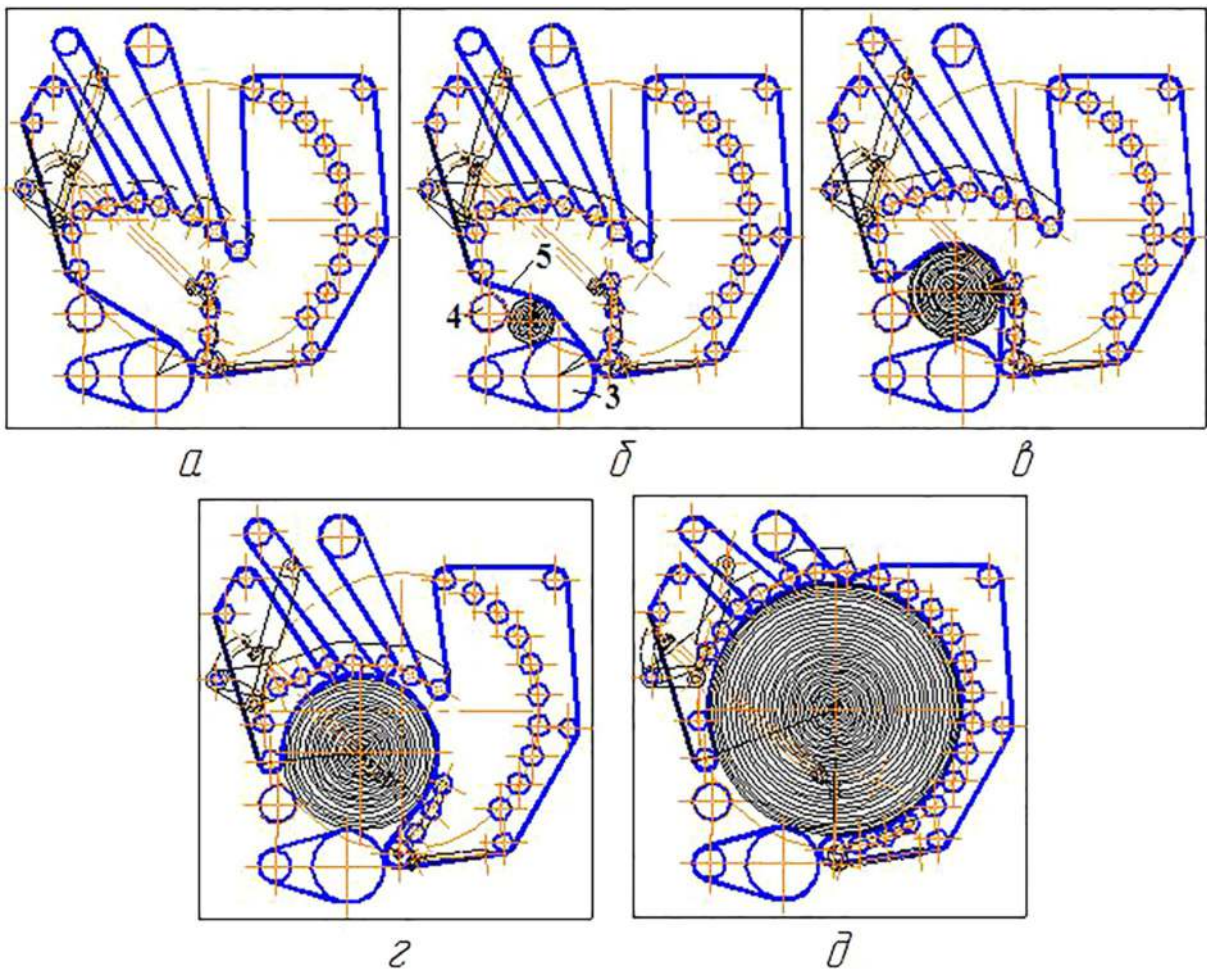


Рис. 2 – Фазы формирования рулона в прессовальной камере двухкамерного рулонного пресс-подборщика: *a* – схема ременной передачи; *б* – образование зародыша рулона ($\varnothing = 220$ мм); *в* – начальное уплотнение рулона (усилие прессования создается пружинами прессовальных рамок); *г* – основное формирование рулона (усилие прессования создается пневмогидроаккумуляторами прессовальных рамок); *д* – уплотнение рулона дополнительными вальцами

лона в петлеобразной прессовальной камере образованной рабочими органами в виде ведущего барабана 3 (рис. 1), верхней прессовальной рамки 6, нижней прессовальной рамки 7 и бесконечных прессующих ремней 5. Третья фаза формирования рулона отличается от первых двух тем, что на рулон действует сила прессования от верхнего 8 и нижнего 10 гидроцилиндров соединённых с пневмогидроаккумулятором. В этой фазе рулон увеличивается до полного заполнения прессовальной камеры. Все эти фазы формирования рулона проходят в первичной камере. В четвертой фазе рис. 2, д происходит уплотнение наружных слоев в камере постоянного объема образованной ведущим барабаном 3 (рис. 1), нижней 7 и верхней 6 прессовальными рамками, а также дополнительными вальцами 13 и прессующими ремнями 5. Характерной особенностью четвертой фазы прессования рулона является то, что на этом этапе происходит уплотнение наружных слоев рулона без увеличения его диаметра растяжения прессующих ремней вследствие увеличения плотности рулона.

После графоаналитических исследований были получены графические зависимости удлинения прессующих ремней и угла охвата рулона от его диаметра при формировании рулона из лент льнотресты в прессовальной камере переменного объема двухкамерного рулонного пресс-подборщика (рис. 3).

Величина L на которую увеличивается длина бесконечных прессующих ремней в зоне первой прессовальной камеры и угол α_p охвата рулона этими ремнями увеличиваются пропорционально увеличению диаметру D_p рулона, что обеспечивает надежность технологического процесса.

Выводы

Рассмотрены процессы пофазного формирования рулона из льнотресты в комбинированной прессовальной камере двухкамерного рулонного пресс-подборщика. Использование дополнительной подпрессовки верхних слоёв ленты льнотресты обеспечивает исходную параллельность стеблей в ленте тресты, более равномерную плотность рулона по его поперечному сечению и увеличение его массы на 12–15 %.

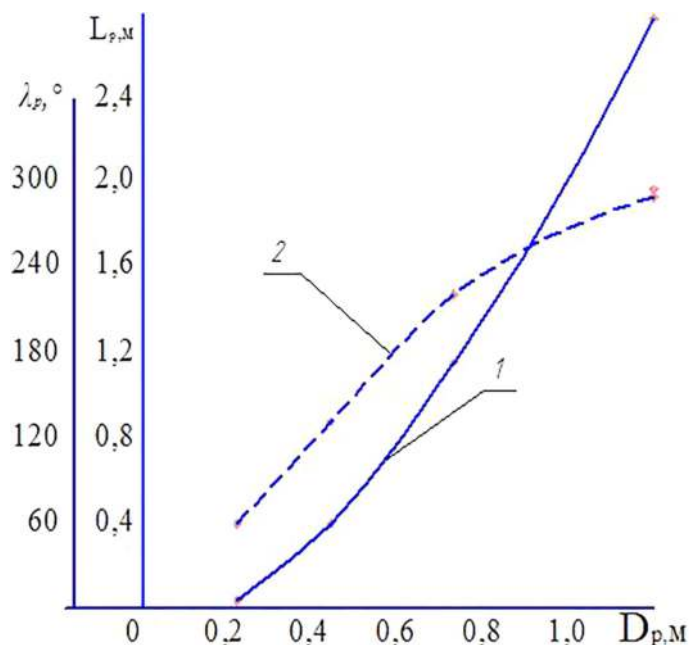


Рис. 3 – Зависимости удлинения прессующих ремней L_p и угла охвата α_p рулона от его диаметра: 1 – удлинение прессующих ремней; 2 – угол охвата рулона

Список использованных источников

1. Толстушко, Н.А. Анализ формирования рулона ремненным пресс-подборщиком [Текст] / Н.А. Толстушко, Г.А. Хайлис, Г.А. Перов // Внедрение инновационных разработок в целях повышения экономической эффективности в льняном комплексе России. – Вологда, 2012. – С. 198 – 200.
2. Толстушко, Н.А., Хайлис, Г.А., Шейченко, В.А., Перов, Г.А. Определение параметров прессовальной камеры переменного объема рулонного пресс-подборщика // Техника в сельском хозяйстве. – 2014. – № 3. – С. 4–8.
3. Перов, Г.А. Анализ работы прессовальной рамки при формировании рулона пресс-подборщиком [Текст] / Г.А. Перов // Инновационные разработки производства и переработки лубяных культур: материалы Международной научно-практ. конф. – Тверь: Тверь. гос. ун-т, 2016 – С.206–209.
4. Толстушко, Н.А. Определение длины петли из бесконечных ремней в прессовальной камере рулонного пресс-подборщика [Текст] / Н.А. Толстушко // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – № 11. – С. 58–61.
5. Льноуборочные машины / Г.А. Хайлис, Н.Н. Быков, В.Н. Бухаркин и др. - М.: Машиностроение, 1985. – 232 с.

Ю. Л. Салапура¹, канд. техн. наук, доц., Н. Н. Шепшелева¹, Д. В. Зубенко², канд. техн. наук

¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь,
e-mail: salapura.yurii@mail.ru, n.shepsheleva@gmail.com

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

²УО «Марьиногорский государственный ордена «Знак Почета» аграрно-технический колледж
имени В. Е. лобанка»,
п. Марьино, Республика Беларусь,

АНАЛИЗ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОБОСНОВАНИЮ ПАРАМЕТРОВ КАТУШЕЧНЫХ ДОЗАТОРОВ

Аннотация: В статье приведен анализ теоретических исследований процесса дозирования зерновых культур, который может быть использован в качестве основы для совершенствования дозаторов катушечного типа применительно к пневматическим высевальным системам.

Ключевые слова: дозатор, катушка, семена, активный слой, желобок, равномерность посева.

Yu. L. Salapura¹, PhD., associate professor, N. N. Shepsheleva¹, D. V. Zubenko¹, PhD., associate professor

¹RUE "SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization",
Minsk, Republic of Belarus,
e-mail: salapura.yurii@mail.ru, n.shepsheleva@gmail.com

²EE "Maryinogorsk state awards «Honour Sign» agrarian and technical college of V. E. Lobanok",
s. Maryino, Republic of Belarus

ANALYSIS OF THEORETICAL RESEARCH TO JUSTIFY THE PARAMETERS OF COIL DISPENSERS

*Annotation:*The article presents an analysis of theoretical studies of the process of dosing grain crops, which can be used as a basis for improving the dispensers of the coil type in relation to pneumatic seeding systems.

Keywords: dispenser, spool, seed, active layer, groove, seeding uniformity.

Введение

Исследованиям процесса дозирования посевного материала зерновых культур посвящены работы Летошнева М. Н., Карпенко А. Н., Семенова А. Н., Гусинцева Ф. Г., Ма С. А., Бузенкова С. М., Ларюшина Н. П., Ивженко С. А., Ликкея А. В., Сысолина П. В., Беспамятновой Н. М., Вишнякова А. А., Крючина Н. П. и др.

Кроме того, в последние годы, в частности Беспамятновой Н. М. и Вишняковым А. А., проведены исследования по применению в качестве дозаторов вибрационных высевальных аппаратов, в том числе с микропроцессорным управлением. Однако, из-за низкой надежности и недостаточной теоретической обоснованности данного процесса они пока не находят широкого применения на практике.

Несмотря на значительное количество работ в этом направлении и полученные высокие результаты, задача снижения неравномерности продольного распределения материала до конца так и не решена. Кроме того, указанные результаты в полной мере не могут быть применены в пневматических высевальных системах, особенно централизованного дозирования посевного материала. В связи с выше изложенным, совершенствование посевной техники, ее конструктивная доводка, повышение эксплуатационных и технологических показателей остается актуальной задачей, в том числе в части оптимизации технологического процесса дозирования.

Основная часть

Работа дозатора зерновой сеялки – представляет собой сложный процесс, включающий в себя несколько этапов, на каждом из которых взаимодействует большое количество факторов, причем многие из них динамичны, и их значения представляют собой случайные величины, имеющие тот или иной закон распределения. В связи с чем, для построения математической модели процесса дозирования требуется принятие ряда допущений.

Движение семян в аппарате можно характеризовать следующим образом (рисунок 1). Часть семян, попавших в желобки, передвигается со скоростью вращения катушки. Вторая часть семян, располагающаяся в непосредственной близости от катушки, благодаря наличию внутреннего трения, увлекается в направлении вращения ее и перемещается с некоторым слоем толщиной C , называемым активным. Часть семян («мертвый» слой M) располагается неподвижно по дну аппарата, создавая подушку для семян,двигающихся в активном слое [1].

Таким образом, семена, находящиеся в активном слое, двигаются путем перекатывания и скольжения по мертвому слою, ориентируясь в направлении, наиболее благоприятном для движения, т.е. большей своей осью семена направляются по касательной к траектории движения. На границе мертвого и активного слоев расположение семян приближается к расположению их в активном слое. Семена, находящиеся в желобках, перемещаются со скоростью, равной или близкой к линейной скорости вращения катушки, семена же, находящиеся в активном слое, благодаря трению друг о друга двигаются с меньшей скоростью, убывающей до нуля в мертвом слое [2].

Объем семян V , высеянных за один оборот катушки, будет складываться из объема желобков $V_{ж}$ и объема семян, проходящих за один оборот катушки в активном слое $V_{с.а}$, т.е.

$$V = V_{ж} + V_{с.а}. \quad (1)$$

Семена, заполняющие объем $V_{ж}$, в течение оборота высеваются непрерывно. С увеличением числа желобков, и, соответственно, уменьшением объема каждого из них равномерность высева увеличивается. По мере выхода желоба из активного слоя равномерность высева изменяется. Таким образом, объем семян $V_{ж}$ выбрасывается непрерывно, а объем семян одного желоба выбрасывается неравномерно.

Объем желобков $V_{ж}$ можно определить по формуле, предложенной Летошным М.Н. [1]:

$$V_{ж} = z \cdot f \cdot l, \quad (2)$$

где f – площадь сечения желобка, m^2 ; z – число желобков; l – длина рабочей части катушки, м.

Объем семян $V_{с.а}$ высевается непрерывно. Равномерность высева зависит от скорости вращения катушки, физико-механических свойств семян, толщины слоя, количества семян в семенном ящике, равномерности хода сеялки и т.п.

Объем активного слоя семян $V_{с.а}$ усредненно можно определить по выражению [1]:

$$V_{с.а} = \pi(d + C)C \cdot L, \quad (3)$$

где C – толщина активного слоя, м; d – диаметр катушки, м; L – длина рабочей части катушки, м.

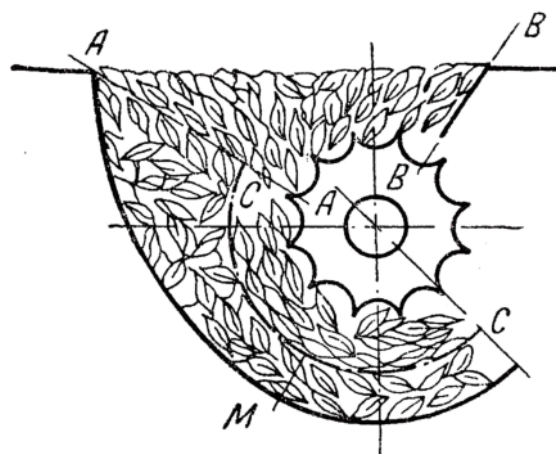


Рис. 1 – Схема движения семян в высевающем аппарате при нижнем высеве семян

Профессором М. Н. Летошневым при этом отмечается, что приведенную толщину активного слоя семян удобнее рассматривать в условном выражении, определяя ее из условия протекания действительного количества зерен со скоростью катушки (w_k , м/с). При этом

$$C = C_0 \frac{w_{cp}}{w_k}, \quad (4)$$

где w_{cp} – средняя скорость семян в слое, м/с; C_0 – действительная толщина активного слоя, м.

Величина определяется опытным путем. Действительная толщина активного слоя может быть определена, если известен закон изменения действительной скорости семян в сечении активного слоя (рисунок 2). При этом следует отметить, что вид функции неизвестен, так как явление в рассматриваемом аспекте не изучено.

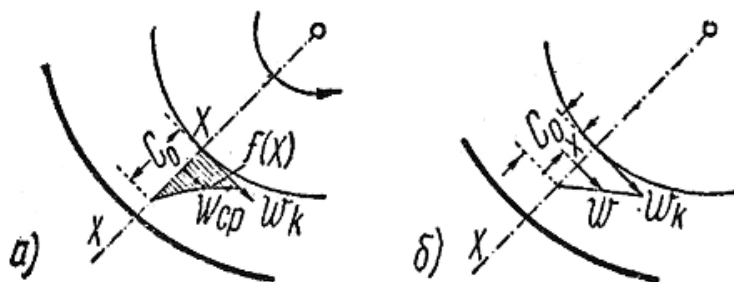


Рис. 2 – Изменение скорости семян в активном слое

Толщина активного слоя, а, следовательно, и объем $V_{c.a}$ зависят от объема желобков $V_{ж}$. Зависимость эта объясняется механикой образования активного движения семенного потока в семенной коробке. Под действием силы веса семена, находящиеся в желобках, оказывают давление на нижележащий слой семян. В месте соприкосновения объемов $V_{ж}$ и $V_{c.a}$ при вращении катушки возникают касательные силы, которые увлекают в направлении вращения соприкасающийся с объемом $V_{ж}$ слой семян. Благодаря внутреннему трению, движение передается вглубь массы семян, находящихся под вращающейся катушкой. В активном слое наряду с трением скольжения возникают трение качения, а также другие явления, не позволяющие представить процесс в чистом виде.

Теоретически решить вопрос можно путем применения закономерностей механики сыпучих сред. Для этого вес семян, заполняющих объем $V_{ж}$ представим как внешнюю силу, действующую на слой семян, находящийся в коробке под катушкой. Под действием этой силы в рассматриваемом слое возникают напряжения.

При этом следует отметить, что в своих работах М. Н. Летошнев принимал, что объем семян, перемещаемый в желобках, является постоянным и не зависит от скорости вращения катушки, физико-механических свойств семян, встряски в бункере и т.д. В работах А. Н. Карпенко указывалось, что заполняемость желобков катушки не является постоянной и изменяется в зависимости от ее скорости и он вводит дополнительно коэффициент заполнения желобков.

Если принять, что вес семян в желобе распределяется равномерно вдоль оси катушки, то, пренебрегая влиянием боковых стенок семенных коробок, определение напряжений в активном слое можно с некоторым допущением свести к решению плоской задачи.

Пусть в плоскости вращения катушки интенсивность распределения нагрузки (суммы веса семян в желобе и инерционных сил) $q = P(y)$, тогда нагрузка, приходящаяся на бесконечно малый элемент напряженного участка в активном слое, будет [3]

$$dP = P(y) dy = P(y) \frac{R}{\cos \beta} d\beta. \quad (5)$$

Распределение напряжений в линейно деформируемой среде под действием сплошной местной нагрузки определяется системой уравнений (6):

$$\left. \begin{aligned} \sigma_z &= -\frac{2P \cos^3 \beta}{\pi R} \\ \sigma_y &= -\frac{2P}{\pi} \frac{\sin^2 \beta \cos \beta}{R} \\ \tau &= -\frac{2P \sin \beta \cos^2 \beta}{\pi R} \end{aligned} \right\}, \quad (6)$$

где P – рассредоточенная сила на единицу длины, Н/м; β – угол, составляемый радиус-вектором, проведенным из начала координат (точки приложения сосредоточенной силы) до рассматриваемой точки, град.; R – расстояние от начала координат до рассматриваемой точки, м.

Формулы (6) с учетом выражения (5) принимают вид (7):

$$\begin{aligned} \sigma_z &= -\frac{2}{\pi} \int_{\beta_2}^{\beta_1} P(y) \cos^2 \beta d\beta; \\ \sigma_y &= -\frac{2}{\pi} \int_{\beta_2}^{\beta_1} P(y) \sin^2 \beta d\beta; \\ \tau &= -\frac{2}{\pi} \int_{\beta_2}^{\beta_1} P(y) \sin \beta \cos \beta d\beta. \end{aligned} \quad (7)$$

Пределы β_1 и β_2 есть углы между вертикалью и радиусами-векторами, проведенными из рассматриваемой точки в крайние точки приложения распределенной нагрузки $q = P(y)$. Движение семян не произойдет, если они располагаются ниже глубины распространения напряжений.

Уравнения механики сыпучих сред позволяют определить границу предельного равновесия семян в слое, на поверхность которого действуют распределенная нормальная нагрузка $q = P(y)$ и касательные силы

$$q_t = P(y) \operatorname{tg} \mu, \quad (8)$$

где μ – угол внутреннего трения семян.

Величина напряжений в слое зависит не только от веса семян, но и от формы желобков, частоты их расположения и скорости вращения катушки. Между скоростью вращения катушки и возникаемыми напряжениями в активном слое существует сложная взаимосвязь. С одной стороны, с ростом числа оборотов катушки должно увеличиваться давление находящихся в желобе семян в результате сложения сил инерции и веса. С другой стороны, глубина распространения напряжений уменьшается, так как напряжения не успевают распространяться вглубь семенного слоя. Чем больше перемычки между желобками, т.е. чем реже расположены желобки, тем на меньшую глубину распространяется напряжение. Глубина распространения деформаций уменьшается, если форма желобков препятствует влиянию на активный слой сил веса и инерционных сил, находящихся в желобках семян.

Из рассмотренного процесса высева семян видно, что часть объема $V_{\text{ж}}$ высевается непрерывно и неравномерно, но примерно одинаковыми порциями в течение одного оборота. Другая часть $V_{\text{с.а}}$ высевается непрерывно, но равномерность выбрасывания зависит от многих факторов. Хотя в конечном итоге равномерность выбрасывания семян катушечным высевающим аппаратом сравнительно удовлетворительная, но сам аппарат еще нельзя считать совершенным.

По итогам исследования процесса подачи семян желобками катушек [4] предложены зависимости (9), позволяющие определить рабочий объем желобков, например, по М. Н. Летошневу площадь поперечного сечения желобков катушки:

$$f = \frac{r^2}{2} (\pi - \alpha - \sin(\pi - \alpha)) + \frac{d^2}{8} (\alpha' - \sin \alpha') + \frac{b^2 - 4r^2 (\cos 0.5\alpha)^2}{4 \operatorname{tg} 0.5\alpha} \quad (9)$$

где r , α , α' , b – геометрические параметры катушки, м (рис. 3).

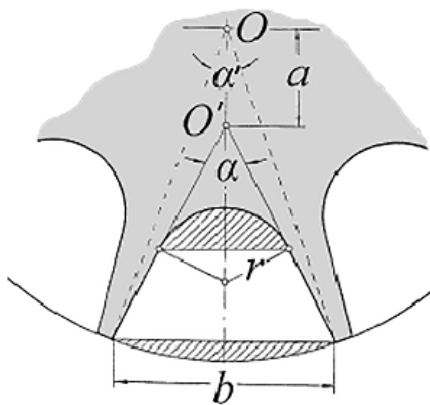


Рис. 3 – Схема расчета площади поперечного сечения желобка катушки высевающего аппарата

Проведенные расчеты позволили определить рациональные параметры высевающих катушек и семенных коробок (корпусов аппаратов), оптимизировать их взаимное расположение.

Заключение

Установлено, что существующие теоретические исследования требуют совершенствования для возможности их применения в современных сеялках, в частности для посева на повышенных скоростях (свыше 15 км/ч), их универсализации (в части высева семян с различными физико-механическими свойствами и размерами), снижения степени травмирования и повышения равномерности укладки семян вдоль рядка (повышение продольной равномерности).

Данные теоретические исследования могут послужить основой совершенствования дозаторов катушечного типа применительно к пневматическим высевающим системам широкозахватных зерновых сеялок и почвообрабатывающе-посевных агрегатов.

Список использованных источников

1. Летошнев, М. Н. Сельскохозяйственные машины: теория, расчет, проектирование и испытание / М. Н. Летошнев. – М.-Л.: Государственное издательство сельскохозяйственной литературы, – С. 1949. – 856 – 215 с.
2. Семенов, А. Н. Зерновые сеялки / А. Н. Семенов. – М.-Киев. : Государственное издательство машиностроительной литературы, 1959. – 318 с., – С. 128–129.
3. Мацепуро, М. Е. Основные предпосылки к разработке технологии посева / М. Е. Мацепуро, В. А. Новичихин // Вопросы технологии механизированного сельскохозяйственного производства. – Часть I. – Минск : Государственное издательство сельскохозяйственной литературы БССР, 1963. – С. 132–175.
4. Летошнев, М. Н. Сельскохозяйственные машины / М. Н. Летошнев. – Ленинград, М.: Сельхозгиз, 1955. – 764 с.

Э. В. Дыба, канд. техн. наук, доц., **Л. И. Трофимович**, науч. сотрудник, **В. В. Миккульский**, ст. науч. сотрудник, **А. А. Бернацкий**, мл. науч. сотрудник

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: trofimovich88@mail.ru*

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЖНИВНЫХ ОСТАТКОВ КУКУРУЗЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТЕПЛА

Аннотация: В статье актуализирована проблема неэффективного расходования пожнивных остатков кукурузы. Приведен анализ существующих технологий и способов утилизации кукурузной соломы. Показана экономическая эффективность и описаны перспективы использования прессованной кукурузной соломы при сжигании в отопительных котлах.

Ключевые слова: кукуруза, кукурузная солома, пожнивные остатки, пресс-подборщик, прессование кукурузной соломы, хранение и переработка кукурузной соломы, утилизация, сжигание кукурузной соломы.

E. V. Dyba, L. I. Trofimovich, V. V. Mikulsku, A. A. Bernatski

*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»
Minsk, Republic of Belarus
e-mail: trofimovich88@mail.ru*

ASSESSMENT OF POTENTIAL USE OF CROP CROPS CORN RESIDUES FOR HEAT PRODUCTION

Abstract: The article highlights the problem of inefficient use of corn crop residues. The analysis of existing technologies and methods of utilization of corn straw is given. The economic efficiency is shown and the prospects of using pressed corn straw for combustion in heating boilers are described.

Keywords: corn, corn straw, crop residues, baler, corn straw pressing, corn straw storage and processing, utilization, corn straw burning.

Введение

Растениеводство – ведущая отрасль сельского хозяйства в Республике Беларусь. Около двух третей всех посевных площадей страны занимают зерновые, масличные и технические культуры, производство которых связано с образованием значительного количества отходов в виде стерни, соломы, сухих остатков кукурузы, стеблей масличных и технических культур, ботвы картофеля, свеклы и др. Утилизация послеуборочных остатков на полях представляет для сельхозпроизводителей давнюю проблему, поскольку она связана с дополнительными финансовыми расходами, затратами времени или вовсе с необходимостью менять привычные технологии [1].

Цены на природный газ и другие виды топлива ежегодно растут и, по прогнозам, будут повышаться и впредь. В настоящее время общепризнанным фактом является то, что сжигать для получения тепла сухие отходы сельскохозяйственного производства в 2,5–4,0 раза выгоднее, чем использовать природный газ [2]. Все знают, что для этих целей можно применять солому зерновых культур, но немногие слышали, что можно с успехом использовать и кукурузную солому – главное, чтобы она была сухая. В данной статье мы рассмотрим возможность заготовки и использования кукурузной соломы.

Основная часть

В 2020 году планируется засеять более миллиона гектаров кукурузы, из которых 821,0 тыс. га – на силос, а 241,7 тыс. га – на зерно [3]. Наша страна ежегодно, в результате выращивания зерна кукурузы, производит 1,8–3,0 млн. тонн кукурузной соломы (этот объем с каждым годом

возрастает в связи с совершенствованием технологий выращивания и повышением урожайности культуры). Большая часть соломы кукурузы, которая производится в Беларуси, является побочным продуктом и в хозяйственных целях не используется. После уборки кукурузы на зерно на поле остается очень большое количество измельченных пожнивных остатков (стебли, листья, стержни початков и шелуха), с которыми даже хороший плуг не всегда может справиться (рис. 1). Обычно они представляют проблему при основной обработке, поскольку качественно заделать в почву большое количество растительных остатков довольно затруднительно, особенно при урожайности кукурузы свыше 9 т/га . В таком случае на поле остается в среднем $12\text{--}18 \text{ т/га}$ кукурузной соломы, т. е. поле размером 100 га обычно дает $1200\text{--}1800 \text{ т}$ кукурузной соломы [2].



Рис. 1 – Заделка в почву измельченных пожнивных остатков кукурузы

В то же время основными направлениями применения кукурузной соломы в ведущих аграрных странах мира являются:

- использование в качестве подстилки для животных;
- измельчение с последующей заделкой в почву (например, при помощи вспашки) для увеличения содержания гумуса в почве и повышения почвенного плодородия;
- для энергетических целей – сжигания для получения тепла и электроэнергии;
- для производства этанола из целлюлозы, получаемой из кукурузной соломы.

Одним из приоритетных направлений является применение кукурузной соломы для энергетических целей. Использовать кукурузную солому для производства тепла могут как небольшие агропредприятия, так и крупные элеваторы. Это особенно актуально в том случае, если предприятие занимается растениеводством, стабильно дающим очень большое количество кукурузной соломы. Прессованную солому можно использовать как печное топливо. При сгорании 1 кг соломы в отопительном котле выделяется в виде тепла около 18 МДж , что примерно соответствует количеству энергии, выделяемой при сгорании $0,4 \text{ л}$ дизельного топлива. Рулон соломы диаметром $1,8 \text{ м}$ и весом 330 кг заменяет, как минимум, 140 л дизельного топлива или 14 м^3 природного газа [1].

Расчеты, полученные на Украине, где уже реализовано несколько крупных пилотных проектов в области соломенной теплогенерации (Винницкая, Одесская, Запорожская области и др.), показывают, что себестоимость производства 1 гигакалории тепла, произведенной в котельной

на соломе, почти в два раза ниже, чем себестоимость той же гигакалории, полученной от сжигания природного газа (тем более, с учетом его постоянного подорожания). Побочной выгодой использования соломенных котлов является производство экологически чистой золы – ценнейшего источника калия и целого набора микроэлементов. Зола образуется довольно много – приблизительно 5 % от объема сожженной соломы – почти в 10 раз больше, чем у древесины. Просеянную золу можно вносить на поля, добавлять в навозные кучи [1].

К сожалению, применение кукурузной соломы для энергетических целей в Республике Беларусь не развито, в основном из-за отсутствия научно-практического опыта, а также специальных средств механизации. В отличие от нас, в странах ЕС, Китае и в США кукурузная солома уже в течение многих лет успешно используется в качестве топлива – для производства как тепла, так и электроэнергии, в Египте отходы переработки кукурузы используют в фермерских хозяйствах в качестве кормов, топлива и подстилок для животных. В США, Китае и Европе на кукурузной соломе работают целые электростанции и заводы по производству этанола. А наибольшее количество технических решений по заготовке и переработке пожнивных остатков кукурузы запатентовано в Китае (более 50) [4].

Для уборки кукурузной соломы в перечисленных странах используются пресс-подборщики различных видов. Для погрузки очень удобно применять телескопические погрузчики. Для формирования валков и их объединения обычно используют различные механические валкователи и грабли. Измельчитель соломы на комбайне отключают, чтобы сформировались хорошие валки. Наиболее распространенный способ уборки кукурузной соломы – в круглые рулоны. Пресс-подборщик используется в агрегате с накопителем рулонов (рис. 2), что позволяет сгруппировать рулоны в поле, и тем самым минимизировать затраты на уборку.



Рис. 2 – Уборка кукурузной соломы рулонным пресс-подборщиком

Но для транспортировки соломы и ее хранения, это не самый лучший вариант. Более компактными считаются крупногабаритные прямоугольные тюки (рис. 3). Они лучше приспособлены для транспортировки на большие расстояния, поскольку укладываются более плотно.



Рис. 3 – Уборка кукурузной соломы тюковым пресс-подборщиком

При подборе растительной массы пресс-подборщиком необходимо учитывать плотность, с которой он уплотняет солому в тюках: чем она выше, тем лучше, поскольку в таком случае транспортировка тюков будет менее затратной. Большое значение имеет также длина резки соломы: чем она короче, тем лучше уплотняется. В то же время не следует нарезать слишком коротко, чтобы тюки не распадались. Солома обязательно должна быть сухой.

Существует распространенное мнение, что транспортировка соломы невыгодна. Но это далеко не так, ведь современное оборудование позволяет делать тюки с большой плотностью и массой. Таким образом, в серийные транспортные платформы и стандартный грузовик с прицепом для транспортировки соломы может поместиться от 10 до 40 *t* соломы в тюках, что делает такую логистику вполне рентабельной даже при транспортировке на большие расстояния.

Логистика заключается в сборе кукурузной соломы в поле и последующей ее транспортировке на ферму для дальнейшего хранения или производства пеллет либо в доставке непосредственно на склад потребителю (рис. 4).



Рис. 4 – Хранение и переработка тюков из кукурузной соломы

Энергетическая ценность тонны соломы при влажности 15 %, по данным Teagas, представлена в табл. 1 [2].

Существует ряд котлов, которые не чувствительны к более сложному химическому составу соломы и отлично ее сжигают. Имеются котлы, оснащенные воздушными нагнетателями для управления подачей воздуха. Котельные установки для кукурузной соломы могут использоваться для производства тепла на агропредприятиях, для сушки зерна и централизованного теплоснабжения. Солома может быть представлена в виде соломенной резки, пеллет (гранул) или цельного тюка (круглого или прямоугольного сечения) в зависимости от технологии,

Таблица 1. – Энергетическая ценность тонны соломы при влажности 15 %

Тип	Калорийность, МДж/кг	Содержание энергии, кВт-час/тонна	Эквивалент сжигания нефти (л/тонна)	Содержание золы, кг/тонна
Кукурузная солома	14,4–18,0	4,0–4,8	390–400	60–90
Пшеничная солома	14,4	4,032	396	57
Ячменная солома	14,7	4,116	406	48
Рапсовая солома	14,3	4,004	393	62
Сено	14,3	4,004	393	71

к которой приспособлен котел. Кукурузная солома может подаваться в камеру сгорания в виде целых тюков при помощи погрузчиков или специальным конвейером. Также она может предварительно измельчаться и вдуваться в камеру сгорания при помощи сильного потока воздуха. Еще один метод – сжигание пеллет из кукурузной соломы, которые обладают хорошей сыпучестью, поэтому сжигать их очень просто при помощи подачи обычной норией, т.е. механическим путем.

Экономия при сушке зерна кукурузы при помощи сжигания соломы в сравнении с природным газом (при влажности входящего зерна 27 %, исходящего – 14 %, а также учитывая, что для снижения влажности зерна нужно в среднем на 1 тонно-процент 1,50 м³ газа) представлены в табл. 2 [2].

Таблица 2. – Экономия при сушке зерна кукурузы при помощи сжигания соломы в сравнении с природным газом

Кол-во зерна для сушки, т	Нужно природного газа для сушки, м ³	Цена газа для сушки, \$	Нужно соломенных гранул для сушки, т	Цена соломенных гранул для сушки, \$	Экономия на сушке партии зерна при использовании гранул из соломы, \$	Экономия за 5 лет, \$
1000	19500	7198	46	2374	4824	24119
5000	97500	35990	229	11871	24119	120597

Сжигание 2,34 кг гранул (пеллет) из кукурузной соломы эквивалентно сжиганию 1,0–1,1 м³ природного газа. При этом гранулы из кукурузной соломы намного доступнее, поскольку в этом случае не требуются газопроводы, специальные разрешения и оплата услуг газовых компаний. Таким образом, для населения (в сельских домах) использование гранул или сечки из кукурузной соломы в 2 раза выгоднее, чем природного газа. А для промышленных предприятий и агрофирм выгода получается еще больше [2].

При использовании газа для сушки зерна существуют определенные риски: перебои с поставкой газа, повышение цен на газ, поставка разбавленного и некачественного газа, огромная стоимость разрешительной документации и работ по подведению газа. А при использовании кукурузной соломы для сушки зерна таких рисков нет. При сегодняшней конъюнктуре рынка капитальные инвестиции на подведение и установку газового оборудования для сушки зерна в агрофирмах значительно превышают затраты на аналогичное оборудование, предназначенное для сжигания кукурузной соломы.

Заключение

Пожнивные остатки в растениеводстве – это возобновляемый ресурс, пока выращиваются зерновые культуры – будет и солома. Эффективным инструментом в этом вопросе являются современные технологии, которые позволяют использовать пожнивные остатки безопасно и эффективно.

Процесс утилизации пожнивных остатков кукурузы в условиях Республики Беларусь не изучен. Кроме того, рабочие органы отечественных серийных машин (пресс-подборщиков) не приспособлены для подбора и измельчения пожнивных остатков кукурузы. В этой связи, учитывая недостатки существующих пресс-подборщиков, их несовершенство, как с точки зрения подбора,

так и с точки зрения измельчения и прессования пожнивных остатков кукурузы, становится абсолютно очевидной актуальность в проведении исследований по изучению процесса их утилизации, с целью определения основных конструктивных и кинематических параметров устройства для подбора и измельчения пожнивных остатков кукурузы.

Список использованных источников

1. Альтернативные методы управления растительными остатками в растениеводстве вместо сжиганий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://борисоглебский-район.рф/tinybrowser/files/go/broshyura.-alternativnye-metody-utilizacii-rastitelnyh-ostatkov.pdf>. – Дата доступа: 24.07.2020.
2. Использование кукурузной соломы для энергетических целей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.agronom.com.ua/yspolzovanye-kukuruznoj-solomy-dlya-energetycheskyh-tselej>. – Дата доступа: 14.07.2020.
3. Рабочий план по подготовке и проведению весенних полевых работ в 2020 году [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://mshp.gov.by/documents/plant/a5425cdc-74310987.html>. – Дата доступа: 14.07.2020.
4. Отходы переработки кукурузы как вторичный сырьевой ресурс [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://waste.ua/cooperation/2011/theses/ovchinnikova.html>. – Дата доступа: 24.07.2020.

А. В. Ленский, А. А. Жешко

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

ТОЧНОЕ ФОРМИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ МАРШРУТОВ ДЛЯ КОНКРЕТНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЙ

Аннотация: В настоящей статье представлены методические основы рациональной эксплуатации транспортных средств в сельскохозяйственных предприятиях.

Ключевые слова: грузовой транспорт, логистика, маршруты, производственные условия, сеть дорог, пункт назначения.

A. V. Lenskiy, A. A. Zheshko

*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»
Minsk, Republic of Belarus
e-mail: azeshko@gmail.com*

PRECISE FORMATION TRANSPORT ROUTES FOR SPECIFIC PRODUCTION CONDITIONS

Abstract: this article presents the methodological foundations of rational operation of vehicles in agricultural enterprises.

Keywords: cargo transport, logistics, routes, production conditions, road network, destination.

Введение

На долю грузового транспорта приходится более половины объемов внутрихозяйственных перевозок сельскохозяйственных материалов и продукции, а их разнообразие определяет сложную структуру парка технических средств. Отличительными особенностями формирования грузового автопарка сельскохозяйственных предприятий являются сезонность производства, что объективно порождает проблему оптимальной загруженности транспорта и его эффективного использования, необходимость иметь в сельскохозяйственных предприятиях машины разной грузоподъемности, многообразие видов и марок грузовых автомобилей, невозможность или сложность замены транспортных средств на некоторых видах грузоперевозок. Указанные особенности во многом определяют факт крайне неэффективного использования транспорта в сельскохозяйственном производстве, что приводит к серьезным потерям материальных и финансовых ресурсов на его содержание и эксплуатацию.

В современных условиях одним из резервов повышения эффективности эксплуатации транспортных средств является применение современных методов планирования логистических маршрутов в целях сокращения транспортных расходов. В настоящее время существует множество методов решения логистических задач (транспортная задача, задача коммивояжера, задача распределения и пр.), однако все они характеризуются сложностью подготовки исходной информации, индивидуальными специфическими особенностями и высокой трудоемкостью. В этой связи, наиболее перспективным направлением является комплексная разработка программного обеспечения по формированию и автоматизированному расчету логистических маршрутов для конкретных природно-производственных условий в соответствии с задачами, определенными пользователем.

Основная часть

Реализация основных технологических процессов в растениеводстве постоянно сопровождается множеством дополнительных операций, в том числе транспортными работами. В процессе сельскохозяйственного производства возникает необходимость переезда машин на поле, транспортировки удобрений, ядохимикатов, семян, урожая, в том числе побочной продукции – сена, соломы и т.п. В целом, номенклатура грузов, перевозимых сельскохозяйственными предприятиями, насчитывает до 300 наименований.

Зачастую транспортные работы рассматривают как вспомогательные, что не является правоммерным, поскольку транспорт в сельском хозяйстве – важная составная часть производственного процесса и один из существенных факторов повышения эффективности отрасли растениеводства, его рационального размещения и специализации [1]. Особенно ярко это проявляется в последние годы, поскольку научно-технический прогресс в АПК приводит к объединению транспортных средств и других сельскохозяйственных машин в единый производственный процесс. В частности, активно используются транспортные средства со сменными адаптерами для транспортировки и внесения различных видов удобрений [2].

При этом следует отметить, что технологические процессы возделывания сельскохозяйственных культур протекают в различных природно-производственных условиях, что непосредственным образом отражается на способах организации производства и его экономической эффективности. Указанный фактор во многом обуславливает необходимость применять достаточно широкую номенклатуру технических средств, в том числе и транспортных (транспортно-технологических) агрегатов. Поскольку в сельском хозяйстве рабочий период не совпадает с периодом производства продукции растениеводства, то использование автотранспорта носит ярко выраженный сезонный характер. Грузовой автотранспорт занят в процессе производства сравнительно небольшой период времени, так как сроки выполнения большинства видов сельскохозяйственных работ ограничены и, как правило, не могут быть перенесены на другое время. В этой связи нарушается принцип одновременности и непрерывности производства продукции, что обусловлено естественными процессами роста и развития сельскохозяйственных культур.

Едиственная стадия технологического процесса, когда возможно реализовать поточную технологию проведения работ, является уборка, включающая несколько рабочих процессов, которые выполняются разнородными, но взаимно дополняющими друг друга машинами (комбайны, автомобили, тракторы, прицепы и др.). При этом очень важно избежать лишней перевалки продукции, установить правильные количественные соотношения между основными и обслуживающими машинами, обеспечить их согласованную и ритмичную работу. Только в этом случае можно устранить простои машин, значительно повысить производительность труда рабочих, занятых в сложном технологическом процессе.

Основные показатели работы транспортных средств, в том числе их производительность и себестоимость перевозок, зависят прежде всего от условий, в которых они используются. Эти условия характеризуются совокупностью факторов, определяющих режим работы и выдвигающих требования к типу, конструкции и грузоподъемности транспортных средств. В настоящее время применяется несколько методических подходов к формированию и рациональному использованию парка транспортных средств: статистический, монографический, расчетно-конструктивный, моделирования и оптимизации.

Статистический метод используют, в основном, для оценки существующего уровня эксплуатации транспортных средств в сельскохозяйственном предприятии. На основании комбинационных группировок выделяют перечень предприятий с наиболее эффективными показателями использования грузового транспорта. В дальнейшем эти хозяйства подвергают детальному обследованию и монографическому изучению. Программа монографического обследования включает изучение вопросов экономики и организации технологического процесса, информационного обеспечения и управления производством. Материалы монографического обследования лучших хозяйств используют при определении рациональных параметров других предприятий аналогичного типа.

Расчетно-конструктивный метод заключается в установлении показателей эксплуатации грузового транспорта для средних (модельных) условий. В частности, расчет может быть выполнен на

примере среднестатистического предприятия, а в дальнейшем адаптирован под конкретные условия других хозяйств. Это достаточно трудоемкая творческая работа, но все же она не гарантирует оптимальности расчетного варианта. Оценить все возможные варианты простым перебором не реально, поскольку это потребует так много времени, что придется отказаться от решения задачи.

Следует отметить еще один существенный недостаток рассматриваемых методов. Все они предполагают обобщение опыта работы, накопление и статистическую обработку фактических показателей за определенный временной период. В случае же отсутствия массового статистического материала, или же его недоступности, в силу конфиденциальности информации, использование данных методов будет затруднено.

В настоящее время план транспортных работ в сельскохозяйственных предприятиях составляют на основе годовых производственных программ, которые охватывают весь объем перевозок грузов в течение года (возможно и по периодам работ) с учетом календарных сроков их выполнения. Исходными данными при планировании транспортных работ являются виды и объемы грузов, расстояния перевозок и их календарные сроки. Объем перевозимых грузов определяется из технологических карт.

Как правило, в сельскохозяйственных предприятиях планирование транспортных работ проводится двумя способами. Первый заключается в том, что при составлении производственно-финансового плана рассчитывается объем перевозок, который можно осуществить планируемым среднесписочным составом парка транспортных средств (по их видам), и затем, если за счет собственных средств перевозки полностью не обеспечиваются, то предусматривается привлечение транспорта со стороны.

По второму способу, применяемому при планировании капиталовложений и определении потребности сельскохозяйственного предприятия в основных средствах производства на конкретный период производственной деятельности, рассчитывают количество транспортных средств, необходимых для перевозки планируемого объема грузов (по видам средств и грузов).

Планирование работ осуществляется с учетом реализуемых технологий возделывания культур, способов организации труда, фактического наличия и состояния парка техники. При этом используют принятые в сельскохозяйственных предприятиях технические нормативы на транспортные работы: скорость движения, время на погрузку и разгрузку, холостые проезды. Следует заметить, что в хозяйствах не уделяют внимания вопросам расчета рациональных маршрутов движения транспортных средств, согласования работ в рамках выполнения параллельных процессов (например, подвоз воды – внесение ядохимикатов, уборка – транспортировка продукции и пр.). Все это приводит к нерациональному использованию парка транспортных средств, снижению эффективности грузоперевозок, росту их себестоимости.

Таким образом, имеется необходимость реализации системного подхода к планированию транспортных работ, который должен опираться на использовании экономико-математических методов, что открывает расширенные возможности в получении оптимальных решений за короткий промежуток времени. Наиболее приемлемым и эффективным, на наш взгляд, вариантом планирования использования грузового транспорта сельскохозяйственного предприятия является обоснование маршрутов перевозок в рамках составления технологических карт на возделывание продукции растениеводства, что предоставляет следующие преимущества:

- во-первых, это позволяет частично реализовать принцип системного подхода;
- во-вторых, повышается скорость и качество разработки планов;
- в-третьих, появляются условия реализации многовариантной постановки задачи;
- в-четвертых, предоставляется возможность оперативного исправления в соответствии с изменениями внутренних и внешних факторов производства.

При формировании состава парка грузового транспорта и обоснования вариантов его использования из множества допустимых вариантов всегда имеется возможность найти оптимальный по объективно существующему критерию оптимальности. Наиболее приемлемым критерием для решения данной проблемы является минимум затрат на грузоперевозки.

Это свидетельствует о том, что задача планирования оптимального использования транспорта в сельскохозяйственном предприятии может быть представлена как обоснование точных (кратчайших) маршрутов движения для конкретных природно-производственных условий.

Исходными данными для выполнения расчета выступают объем и расстояние перевозок, используемый транспорт и его фактическая грузоподъемность, состояние дорог, продолжительность рабочего периода, агротехнические сроки.

Объем перевозок грузов рассчитывается исходя из валового сбора сельскохозяйственных культур (данные технологической карты). Расстояние перевозок определяется исходя из необходимости транспортировки грузов, перемещения удобрений, семян и готовой продукции (в соответствии с рассчитанными кратчайшими маршрутами).

Важным вопросом является также определение себестоимости выполнения транспортных работ, которая может быть определена на основании действующих нормативных и методических материалов [3]. В соответствии с указанными документами учитываются марки транспортных средств, их балансовая стоимость, пробег, грузоподъемность, срок эксплуатации, различные поправочные коэффициенты.

Для обоснования затрат горюче-смазочных материалов на автотранспорт могут быть использованы нормативно-правовые документы Министерства сельского хозяйства Республики Беларусь и Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь [4, 5].

Для обоснования расхода топлива на каждый автомобиль используются базовые нормы расхода топлива и нормируемые значения. Нормируемые значения применяются для разделения грузовых бортовых автомобилей, самосвалов и специальных автомобилей. Расход топлива для автомобилей, находящихся в эксплуатации старше 8 лет, может быть увеличен на 5 %. В связи с тем, что в сельском хозяйстве большинство перевозок осуществляется в тяжелых дорожных условиях по грунтовым дорогам и полям, в расчетах рекомендуется использовать поправочный коэффициент на дополнительный расход топлива.

При определении индивидуальных норм расхода масел на 100 литров общего расхода топлива автомобилем также необходимо учитывать корректировочные коэффициенты. Коэффициент увеличения расхода масел при эксплуатации автомобиля свыше 8 лет составляет 20 %, а коэффициент снижения расхода масел для автомобилей, находящихся в эксплуатации до 3 лет – 50 %.

Норматив затрат на замену шин может быть определен исходя из рыночной стоимости комплекта шин на 1 автомобиль и срока их эксплуатации. Амортизационные отчисления определяются на основании нормативных сроков службы основных средств, утвержденных Постановлением Министерства экономики Республики Беларусь от 30 сентября 2011 г. № 161 [6].

Для реализации методики обоснования кратчайших маршрутов движения грузового транспорта нами сформировано условное предприятие с выделенными пунктами отправления (машинный двор, животноводческая ферма, склад удобрений, зерноток) и сетью дорог к пунктам потребления (поля) (рис.).

Транспортные сети удобно представить в виде связного графа. Транспортная сеть учитывает только ту часть дорожной сети, по которой возможно организовать соответствующие перевозки, то есть учитываются ограничения по состоянию дорог, ограничения на движение грузового транспорта, на полную массу транспортного средства, нагрузка на ось и другие [7, 8, 9].

Моделирование транспортной сети начинают с размещения вершин, которые присваиваются пунктам отправления и получения грузов, а также перекресткам дорог. Вершины, имеющие между собой транспортное сообщение, связывают ребрами или ориентированными дугами. Каждому ребру сопоставляют критерий выгодности, определяемый не только затратами времени, а той целью, которую необходимо достигнуть при решении задачи оптимального варианта перевозок. Наиболее часто в качестве критерия принимается минимум суммарного пробега, так как при одинаковых условиях движения на всех участках маршрута план, оптимальный по пробегу, будет оптимальным по затратам времени и стоимости. При построении графа следует выбирать рациональное число вершин. С одной стороны, число вершин должно быть как можно больше. С другой стороны, чем больше число вершин, тем транспортная сеть будет сложнее, определение кратчайших расстояний потребует длительного времени.

Наиболее точным и при этом простым методом решения транспортной задачи на графах является алгоритм Дейкстры – метод пошагового определения кратчайшего расстояния между вершинами. Рассмотрим реализацию алгоритма для сети дорог, приведенной на рис.



Рис. – Внешний вид программного приложения с сетью дорог и пунктами отправления (назначения)

В качестве исходных данных выступает массив отрезков дорог, определенных пользователем. На первом этапе определяется количество узлов или точек отрезков с индивидуальными (оригинальными) координатами. Выбор осуществляется путем просмотра в цикле всего массива отрезков. На втором этапе производится формирование массива смежных узлов и переходов между узлами. В итоге составляется рабочая матрица, элементами которой выступают расстояния между узлами (если узлы не являются смежными, расстояние равно 0).

После определения кратчайших путей от пунктов отправления (назначения) до всех узлов графа производится вычисление оптимального маршрута до полевого участка. Поскольку к конкретному полю может относиться несколько узлов графа (в частности, если поле располагается между дорогами), осуществляется простой перебор возможных путей и выбирается минимальный.

Заключение

1. По результатам изучения особенностей эксплуатации транспортных средств в растениеводстве установлено, что в совокупности технологических операций, применяемых при возделывании сельскохозяйственных культур, транспортные работы не следует рассматривать как вспомогательные. Это обусловлено тем, что в последние годы многие производители сельскохозяйственной техники оснащают транспортные агрегаты различными адаптерами для внесения удобрений, сыпучих материалов и т.д.

2. При разработке методических основ рациональной эксплуатации транспортных средств в сельскохозяйственных предприятиях нами учтены современные методические подходы к формированию и рациональному использованию парка транспортных средств, выявлены преимущества и недостатки существующих методов. Установлено, что существует необходимость реализации системного подхода к планированию транспортных работ, который должен опираться на использование экономико-математических методов. Для реализации методики обоснования кратчайших маршрутов движения грузового транспорта нами сформировано, в виде абстрактной модели, условное предприятие с выделенными пунктами отправления (ма-

шинный двор, животноводческая ферма, склад удобрений, зерноток) и сетью дорог к пунктам потребления (поля).

3. Установлено, что из всех математических объектов графы занимают ведущее место в качестве формальных моделей реальных систем, что подходит для оптимизации маршрутов транспортных сетей предложенной нами абстрактной модели сельскохозяйственного предприятия.

Список использованных источников

1. Оптимизация состава грузового автомобильного транспорта и его использование в сельскохозяйственных предприятиях: монография / А. П. Курносов и др. – Воронеж: ФГОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2009. – 218 с.
2. ОАО «Вороновская сельхозтехника». Продукция [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <http://bovagin.by/catalog> – Дата доступа: 07.10.2019.
3. Расчеты и планы: Пример формирования тарифов на услуги по перевозке грузов во внутриреспубликанском сообщении [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <http://www.busel.org/texts/cat5ku/id5xwmeuk.htm> – Дата доступа: 07.10.2019.
4. Об утверждении отраслевых норм выработки и норм расхода топлива на механизированные работы в сельском хозяйстве. Приказ Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 15 января 2018 г. №15 [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <https://mshp.gov.by/documents/meh/d9a106c47454c630.html> – Дата доступа: 07.10.2019.
5. Нормы расхода топлива [Электронный ресурс]. – 2019. – Консультант Плюс – Дата доступа: 07.10.2019.
6. Об установлении нормативных сроков службы основных средств и признании утратившими силу некоторых Постановлений Министерства экономики Республики Беларусь. Постановление Министерства экономики Республики Беларусь от 30 сентября 2011 г. № 161. [Электронный ресурс]. – 2019. – Консультант Плюс – Дата доступа: 07.10.2019.
7. Оптимизация маршрута с использованием теории графов в пакетах прикладных программ / Е. Ю. Вардомацкая, В. Л. Шарстнев, Я. А. Алексеева – Вестник Витебского государственного технологического университета, 2016. – №1(30). – С. 130–139.
8. Курганский государственный университет. Информатика и программирование [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: http://khpi-iip.mipk.kharkiv.edu/library/datastr/book_sod/kgsu/din_0123.html – Дата доступа: 08.10.2019.
9. Алгоритм Дейкстры для поиска кратчайшего пути в графе [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <https://du-blog.ru/articles/article-detail/71> – Дата доступа: 08.10.2019.

Н. Г. Бакач, канд. техн. наук, доц., **Ю. Л. Салапура**, канд. техн. наук, доц.,
В. В. Голдыбан, канд. техн. наук

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

РОБОТИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА: БОРЬБА С СОРНЯКАМИ

Аннотация: Рассмотрен анализ развития и применения сельскохозяйственных роботов применительно к борьбе с сорными растениями в агропромышленном комплексе стран Мира.

Ключевые слова: сельскохозяйственный робот, борьба с сорняками, автономные системы, защита растений, механическая прополка.

M. G. Bakach, *PhD in Engineering sciences, Assoc. Prof.*, **Y. L. Salapura**, *PhD in Engineering sciences, Assoc. Prof.*,
V. V. Goldyban, *PhD in Engineering sciences*

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

ROBOTIZATION OF AGRICULTURE: WEED CONTROL

Abstract: The analysis of the development and application of agricultural robots in relation to weed control in the agro-industrial complex of the world is considered.

Keywords: agricultural robot, weed control, Autonomous systems, plant protection, mechanical weeding.

Введение

Сельское хозяйство является одной из важнейших отраслей народного хозяйства, которая обеспечивает пищей, кормами и топливом, необходимыми для нашего проживания. Кроме того, аграрный сектор играет ведущую роль в международных цепочках производства продовольствия и отчасти обусловлен своим технологическим уровнем развития.

Более 200 лет назад в 1798 году английский ученый, демограф и экономист Томас Мальтус опубликовал свою книгу «Очерк о законе народонаселения» (*Essay on the Principle of Population*), в которой утверждал, что рост населения будет сдерживаться медленным ростом производства продовольствия. В настоящее же время население планеты оценивается примерно в миллиардов человек, что составляет около 600 % роста по сравнению с эпохой, в которой Мальтус разработал свою теорию. Чего он не предвидел, так это того гигантского воздействия, которое технологические изменения окажут на сельское хозяйство. В описываемую им эпоху технологические изменения были относительно ограничены по сравнению с сегодняшним днем, а это означает, что рост производства продуктов питания был, главным образом, результатом роста факторов производства (земли, воды и энергии) [1].

В последующие столетия многие люди размышляли о будущем. Не исключением стал иллюстратор и футуролог Артур Радебо, который с 1958 по 1962 годы восхищал читателей газеты *Chicago Tribune* своими еженедельными иллюстрированными представлениями о будущем в воскресной колонке под названием «Ближе, чем мы думаем» (*Closer Than We Think*) [2]. Например, он предполагал, что в будущем появятся полностью автоматизированные сельскохозяйственные угодья, на которых растения будут выращиваться под управлением многочисленных датчиков, систем полива и так далее (рис. 1). И сейчас это уже становится реальностью.

До недавнего времени многие технологические решения были фрагментарными, сложными и дорогими. Снижение затрат на внедрение и изменение потребительского рынка перенесли многие приложения из будущего в настоящее. Под влиянием постоянно растущих затрат и трудностей с рабочей силой, роботизированная технология быстро революционизирует сельское хозяйство.



Рис. 1. – Иллюстрированные представления о будущем в воскресной колонке под названием «Ближе, чем мы думаем» в газете Chicago Tribune

Современное сельское хозяйство переживает новую технологическую революцию. Роботы предлагают множество возможностей для автоматизации агропродовольственного сектора. Замена человеческого труда робототехникой становится первостепенной задачей.

Основная часть

Борьба с вредителями и сорняками является одной из основных проблем для сельхозпроизводителей. Ручная прополка является трудоемкой, изнурительной и при этом трудозатраты на ней могут достигать до 740 долларов США/ га.

Существует значительное количество проектов и компаний, стремящихся применить робототехнику, компьютерное (техническое) зрение и искусственный интеллект (или машинное обучение) к задаче борьбы с сорняками. Для некоторых задача – полностью исключить гербициды, для других – резко сократить их использование.

Так, французская фирма Nao Technologies, занимающаяся разработкой роботов для сельского хозяйства с 2011 года, надеется решить эту проблему с помощью автономных роботов-пропольщиков с электрическим приводом.

Первой моделью компании стал автономный прополочный робот Oz (рис. 2), который оснащен электроприводом (4 двигателя мощностью 110 Вт каждый). Обработка посевов им осуществляется механическим путем без применения гербицидов, автономность работы – 3 часа на свинцовых батареях и от 4 до 10 часов на литиевых батареях [3].

Робот может функционировать в трех режимах:

- ручное управление с помощью беспроводного пульта дистанционного управления;
- следование за оператором при использовании его на перевозке грузов (при этом максимальная масса прицепа составляет 300 кг);
- автономной работы без контроля оператора.

Для работы в автоматическом режиме Oz устанавливается в начальную точку при помощи дистанционного управления, а затем ему указываются параметры работы: количество рядков для прополки, их длина и расстояние между рядками.



Рис. 2. – Автономный прополочный робот Oz

Важными условиями автономной работы являются наличие на посевах листьев или расположение посевов на грядках высотой не менее 10 см, а также расстояние между рядками от 55 до 120 см. Ширина поворотной полосы должна быть около 250 см, чтобы робот мог самостоятельно развернуться и начать обработку следующего рядка. Когда робот завершает прополку, он отправляет текстовое сообщение на смартфон. Он также способен обнаруживать во время работы различные препятствия, посторонние предметы, нарушения прямолиней-

ности рядков. В этом случае робот также будет отправлять предупреждения в форме текстовых сообщений.

Всего компанией реализовано более 100 роботов модели Oz. В настоящее время стоимость робота Oz составляет около 30 000 €.

Начиная с 2017 года, компания начала реализовывать робот Dino (рис. 3), который осуществляет механическую прополку овощных культур с точностью позиционирования до 2 см благодаря системе навигации GPS RTK.

Масса машины составляет 800 кг. Колея может регулироваться от 140 до 180 см. Робот имеет электропривод на каждое колесо с питанием от литиевых батарей. Автономность работы – от 6 до 8 ч при скорости движения до 4 км/ч, что позволяет обеспечить производительность до 5 га/день.

Для работы робота создается карта поля и загружается с использованием USB-ключа, затем робот устанавливается перед первым рядком и дальнейший процесс выполняется без контроля. Dino оснащен системой технического зрения, которая распознает рядки посевов и регулирует положение рыхлительных рабочих органов, для обеспечения высокоточного выполнения процесса без повреждения культурных растений.

Сегодня более 20 роботов работают на овощных полях во Франции и 15 роботов Dino проходят тестирование в США на коммерческих фермах, а в свободную продажу модели могут поступить в конце 2020 года.

Стоимость робота Dino составляет свыше 90 000 €. На рынке США стоимость модели может составить около 220 000 \$, однако компания Naïo Technologies пока предпочитает сдавать роботы в аренду, работая в тесном сотрудничестве с фермерами и консультируя их по вопросам применения автономной техники.

Датская компания Kongskilde Industries A/S совместно с Conpleks Innovation разработали концептуальную модель робота для прополки под названием Vibro Crop Robotti (рис. 4), который оснащен системой контроля и инструментами для борьбы с сорняками на одной платформе. Полевой робот направлен на реализацию экологически чистого сельского хозяйства, работает со скоростью 5...10 км/ч и обеспечивает до 2,5 часов работы при полной зарядке. Кроме того, робот может быть оснащен дополнительным навесным оборудованием [4].

В германском университете Хоэнхайм в Штутгарте спроектирован и создан мобильный робот Phoenix (рис. 5) для прополки, который может точно срезать сорняки и качественно рыхлить почву между рядами культурных растений. В отличие от большинства других проектов по разработке роботов для сельского хозяйства, агрегат Phoenix не является полностью автономным [5].



Рис. 3. – Робот Dino



Рис. 4. – Робот Vibro Crop Robotti



Рис. 5. – Робот Phoenix

Сам процесс прополки происходит автоматически. Однако роботу по-прежнему нужен человек-оператор, чтобы обойти поле. Это делается дистанционно с помощью джойстика, позволяющего оператору находиться в другом месте.

Регулируемая система скрыта на задней части робота, а мощные приводы обеспечивают автоматический подъем и опускание. Один из трех приводов используется для подъема (4500 Н), один для наклона (2600 Н) и один для бокового смещения (1700 Н) вспомогательного оборудования. Специальная 3D-рамка, прикрепленная к машине, позволяет проводить индивидуальные обработки растений в рамках управления растениями в соответствии с принципами Precision Farming. Все приводы управляются через интерфейс шины CAN. В конце ряда растений робот может самостоятельно поднимать и поворачивать рабочее оборудование, а также реагировать на изменения, например, если расположение рядов растений не прямо. Требуемые данные о местоположении определяются с помощью стереокамеры и лазерного сканера и передаются на привод.

Немецкие компании «Amazone» и «Bosch» совместно с университетами в 2009 году разработали автономную робот-платформу BoniRob (рис. 6), оснащаемую, в том числе, модулем для механического уничтожения сорняков. Основной целью машины является удаление молодых побегов сорных растений, которые она определяет при помощи камеры с высоким разрешением по форме листа. В автоматическом режиме робот обнаруживает сорняки и с помощью ударного инструмента диаметром один сантиметр загоняет их в землю на глубину в три сантиметра, тратя на одно растение около десятой доли секунды. Кроме того, аппарат позволяет измерять состояние почвы и осуществлять опрыскивание растений. Робот BoniRob проходил испытания на посевах моркови с расстоянием между корнеплодами порядка 2 сантиметров с плотностью сорняков – около 20 раст./кв.м. В таких сложных условиях машина не испытывала никаких затруднений. Максимальная скорость работы составила 1,75 раст./с при движении со скоростью 3,7 см/с.



Рис. 6. – Автономная робот-платформа BoniRob



Рис. 7. – Автономный робот для удаления сорняков R2Weed2

В настоящее время фирма Amazone не занимается активным продвижением данной модели и дальнейшие исследования проводятся только компанией Deep-field Robotics – дочерним подразделением фирмы Bosch [6].

Новая разработка компании имеет меньшие габариты и построена на принципе механического уничтожения сорняков путем их подрезания. Отличительной особенностью моделей компании Deep-field Robotics является возможность их групповой работы. Устройство имеет собственную систему навигации, способно определять GPS-координаты сельскохозяйственных угодий, создавать карты проведенных работ и подготавливать необходимую документацию. В настоящее время робот BoniRob еще находится в стадии испытаний и недоступен для коммерческого использования.

Канадская компания Nexus Robotics разработала автономный робот для удаления сорняков, получивший название R2Weed2 (рис. 7), использующий искусственный интеллект для разграничения между сорняками и сельскохозяйственными культурами. В процессе работы робот также собирает данные по анализу почвы и мониторингу окружающей среды. R2Weed2 способен самостоятельно перемещаться и удалять сорняки, для чего он использует камеры и нейронную сеть [7].

В 2015 году французской компанией Carre была представлена первая версия робота для ухода за посевами Anatis (рис. 8), в 2019 модель была модернизирована. Автономный робот предназначен не только для механической обработки почвы, но и для постоянного мониторинга почвенных условий и состояния растений, что помогает фермеру более эффективно принимать технологические решения [8].

Позиционирование Anatis осуществляется при помощи GPS, камер и системы LiDAR. Робот имеет электрический привод от 3 батарей, емкости которых достаточно для 4 часов автономной работы (время полной зарядки батарей составляет 4 часа). Также доступна гибридная версия модели с генератором. Компания Carre отмечает, что использование электропривода исключает вредные выбросы в атмосферу и минимизирует уровень шума, что делает Anatis агроэкологическим оборудованием, пригодным для работы в теплицах.



Рис. 8. – Робот для ухода за посевами Anatis

Робот имеет массу 1000 кг при габаритных размерах $2,2 \times 2 \times 1,9$ м. Колея новой модели регулируется бесступенчато от 1,45 до 2,05 м.

Несмотря на ранний энтузиазм в отношении безгербицидной борьбы с сорняками, большинство компаний отказались от этой цели, по крайней мере, на данный момент. Технические

проблемы, связанные с автоматизацией, оказались слишком сложными. В настоящее время основное внимание уделяется использованию робототехники, датчиков и машинного обучения для точного опрыскивания, направленного непосредственно на сорные растения, а не на все площадь поля. При этом каждая компания заявляет о снижении использования гербицидов до 90 %.

Аргентинским Национальным институтом сельскохозяйственной технологии (INTA) в рамках трехлетней государственной программы разработан сельскохозяйственный робот Trakür (рис. 9), что на местном языке означает «туман». Trakür предназначен для внесения средств защиты растений в теплицах [9].

Робот для теплиц – это небольшое колесное транспортное средство, на котором смонтирован резервуар для ядохимикатов, распылитель для их внесения и процессор для управления.

Австралийская компания Swarm Farms Robotics разработала модульную самоход-



Рис. 9. – Сельскохозяйственный робот Trakür

ную систему, в которой возможно добавлять или исключать рабочие компоненты (рис. 10). Прецизионное внесение средств защиты растений – это только одна из функций, для которой он может быть использован. В период с 2015 по 2018 год компания разработала 11 опытных образцов, которые использовались для обработки посевов зерновых и хлопка. Роботы могут работать как самостоятельно, так и в группе, постоянно взаимодействуя друг с другом [10].



Рис. 10. – Модульная самоходная система компании Swarm Farms Robotics

Английская компания Ibex Automation разработала новую модель робота (рис. 11), который предназначен для уничтожения сорняков в труднодоступной местности. Данная разработка компанией инициирована тем, что большое количество сельскохозяйственных угодий в Англии расположено на склонах холмов, на которых работа современной техники существенно затруднена. Кроме того, распространение ядовитых растений на пастбищах домашнего скота является также серьезной проблемой, а ручная обработка полей от сорняков требует высоких затрат труда [11].

Благодаря автономной гусеничной платформе, робот может передвигаться на склонах, угол которых составляет до 45 градусов. При этом на эксплуатационные возможности робота не влияет ни густая растительность, ни появление грязи после дождя. Робот оборудован датчиками, которые позволяют идентифицировать и уничтожить сорняки. По словам разработчиков, новинка способна самостоятельно выбирать оптимальные маршруты. В случае если системе требуется помощь, она отправляет оператору видео в режиме реального времени. Время автономной работы робота до одного дня, после чего ему необходимо вернуться на базу.

Швейцарская компания ecoRobotix является одним из лидеров в области разработки роботов для химической обработки. Модель AVO (рис. 12) является полностью автономным роботом, использующим передовые технологии машинного обучения для распознавания и выборочного опрыскивания сорняков микродозой гербицидов. Точность обработки составляет до 1 см, что позволяет сократить объем используемого препарата более чем на 90 % [12].

Перед началом работы оператор задает параметры границ поля, а система самостоятельно генерирует маршрут движения. Для точной навигации и позиционирования робот использует ка-



Рис. 11. – Робот компании «Ibex Automation»



Рис. 12. – Робот AVO

меру слежения и модуль GPS RTK. Для обеспечения безопасности AVO оснащен лидаром и ультразвуковыми датчиками обнаружения препятствий. AVO имеет полный привод мощностью 3 кВт с независимым управлением 4 колес, что обеспечивает высокую маневренность и небольшой радиус поворота. Масса робота составляет 750 кг, включая батареи и заполненную емкость для гербицидов на 120 л. Время автономной работы составляет 8 ч, производительность – до 0,6 га/ч при максимальной скорости движения 1 м/с.

Датские ученые Орхусского университета, Института сельскохозяйственного машиностроения и Исследовательского центра Vugholm разработали автономный робот для ухода за растениями HortiBot (рис. 13), который распознает и удаляет до 25 различных видов сорняков. Робот для прополки сорняков оснащен компьютером и GPS для определения точного местоположения. Кроме того, устройство может быть оснащено различными приспособлениями для удаления сорняков, в зависимости от конкретных потребностей. В настоящее время стоимость одного Hortibot составляет около 71 000 долларов США [13].

При поддержке норвежской компании ADIGO AS в настоящее время в рамках программы Horizont-2020 ведется реализация проекта Asterix по разработке автономного робота для борьбы сорняками в посевах пропашных культур. На роботе используется машинное зрение и сверхточная технология распыления ядохимикаов. Это позволяет сократить количество используемого препарата примерно на 95 %. Asterix (рис. 14) оснащается запатентованной системой форсунок сверхвысокой точности, основанной на использовании «технического» зрения, которая позволяет производить обработку только сорных растений, что позволяет использовать новые, экологически безопасные средства для прополки как в обычном, так и в органическом сельском хозяйстве [14].

Австралийскими исследователями и инженерами Квинслендского технологического университета при значительном финансировании со стороны правительства Квинсленда создали робот AgBot II (рис. 15). Камеры, датчики, программное обеспечение и другая электроника робота позволяют ему перемещаться по полю, вносить удобрения, обнаруживать и классифицировать сорняки, а также механически или химически их уничтожать [15].

Борьба с сорняками обходится австралийским фермерам примерно в 1,5 млрд. долл. США в год, что дополнительно сказывается в 2,5 млрд. долл. США в год в результате потери сельскохозяйственной продукции. Многие австралийские фермеры применяют минимальную обработку почвы, чтобы уменьшить потери питательных веществ и влаги в почве, в первую очередь, полагаясь на химические средства защиты растений для



Рис. 13. – Робот HortiBot



Рис. 14. – Робот Asterix



Рис. 15. – Робот AgBot II



Рис. 16. – Сельскохозяйственный робот Terran

Аргентинская компания Platinum продемонстрировала на выставке Exproagro 2020 свой сельскохозяйственный робот Terran (рис. 16), который представляет собой автономную платформу, работающую от батарей (полный электропривод) или в гибридном режиме (двигатель вместе с батареями). Время автономной работы составляет 8 часов, а максимальная скорость передвижения – до 18 км/час [16].

Робот Terran запланирован как многофункциональная машина, однако на текущем этапе его применение ограничено только обработкой посевов. Первая версия оснащена 600-литровым баком и 10-метровой алюминиевой штангой. Электронная начинка включает систему технического зрения на основе искусственного интеллекта, что позволяет распознавать сорняки и посевы и проводить избирательную обработку, сокращая расход химикатов до 90 %. Процесс работы и перемещения робота Terran контролируется специальным программным обеспечением.

В перспективе на машину планируется установка метеостанции для мониторинга климатических условий (скорость ветра, влажность, температура), которые могут повлиять на процесс опрыскивания и расход препаратов.

Датская компания Agrobot разработала автономное устройство Robotti (рис. 17), оснащенное двумя дизельными двигателями и собственной гидравлической системой. Робот обладает аналогичными с трактором функциональными возможностями, но может выполнять технологические операции без участия оператора [17].



Рис. 17. – Автономное устройство Robotti

борьбы с сорняками. Эта технология обещает снизить стоимость прополки примерно на 90 %, что может сэкономить сельскохозяйственному сектору Австралии 1,3 миллиарда долларов США в год.

В июне 2015 года испытания опытного образца AgBot II были проведены на исследовательской станции правительства штата Квинсленд в Редленде, которые показали, что степень удаления сорняков выше 90 %. Кроме того, роботы также предназначены для работы в группах, что повышает надежность выполнения ими технологического процесса.

Компания позиционирует Robotti как машину для повышения эффективности полевых работ, экономии материальных и трудовых затрат. В настоящее время робот может использовать широкий спектр оборудования, в том числе машины для почвообработки, сеялку точного высева, машины для междурядной обработки посевов, опрыскиватель, косилку.

Оборудование монтируется на стандартную 3-точечную навеску, также может быть доступен вариант робота с валом отбора мощности и распределителем для подключения гидросистемы агрегируемых машин. Рабочая ширина захвата Robotti составляет 3 м, скорость – до 8 км/ч. Масса робота не превышает 1000 кг. При этом грузоподъемность робота составляет 750 кг. На текущем этапе устройством можно управлять с помощью планшета или позволить ему работать автономно. Прервать автоматическую работу и переключиться на ручное управление можно в любой момент.

Заключение

Вполне вероятно, что к 2050 году автономные системы и роботы будут такими же обыденными, как компьютеры сегодня. Роботизированные системы и платформы становятся все более интеллектуальными, и ожидается, что это сделает все более трудным для человека их управление. По мере развития технологий человеческий труд будет становиться все менее востребованным и заменяться интеллектуальными машинами. В настоящее время в робототехнике основное внимание уделяется сенсорике, мобильности (например, автономному транспорту), системам управления. В будущем, вероятно, будет уделяться больше внимания, навигации, безопасности человека, животных и сельскохозяйственных культур, а также условиям, в которых будут работать машины (пыль, грязь, перепады температур и т. д.).

Таким образом, сельскохозяйственная отрасль находится на переходном этапе. И этот переход значительно отличается от страны к стране, от региона к региону, а также от хозяйств: от примитивного к традиционному, от точного к экспериментальному. Общая тенденция во всем мире заключается в переходе к системам информационно-управляемого сельского хозяйства, дополненным передовыми технологиями, включая робототехнику.

Список использованных источников

1. Silke de Widle The Future of Technology in Agriculture / Silke de Widle. –Hague: STT Netherlands Study Center for Technology Trends, 2016. –available at: http://uilis.unsyiah.ac.id/oer/files/original/241069155cdad33e9560_61b7e6874ecf.pdf (accessed 30.05.2020)
2. <http://paleofuture.gizmodo.com>
3. <http://naio-technologies.com>
4. <http://topagro.com/technick/news/kongskilde-hackmaschine-vibro-crop-intelli-9378228.html>
5. <http://linak.com/segments/techline/case-stories/the-ege-catecher-phoenix-robot-with-linakechnology/>
6. <http://deepfield-robotics.com>
7. <http://cbc.ca/news/Canada/nova-scotia/robot-designed-to-help-farmes-fight-weeds-1.4680890>
8. <http://carre.fr/entretien-des-cultures-et-prairies/anatis/>
9. <http://zdnet.com/article/argentine-greenhouse-robot-bridgs-automation-to-the-masses>
10. <http://swarmfarm.com>
11. <http://ibexautomation.co.uk>
12. <http://ecorobotix.com>
13. <http://intorobotics.com/35-robots-in-agriculture>
14. <http://adigo.no/portfolio/asterix>
15. <http://research.qut.edu.au/future-farming/projects/robot-platform-design-agbot-ii-a-new-generation-tool-for-robotic-site-specific-erop-and-weed-management/>
16. <http://platinum.com/noredad/25/terran>
17. <http://agrointelli.com/robotti/>

Н. Г. Бакач¹, В. И. Володкевич¹, А. В. Шах¹, П. А. Амельченко²

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

² ГНУ Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси,
г. Минск, Республика Беларусь

ФОРМИРОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНОЙ СТРУКТУРЫ ПАРКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ РАСТЕНИЕВОДСТВА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Аннотация. В статье рассмотрены основные направления формирования перспективной структуры парка сельскохозяйственных машин для реализации инновационных технологий производства продукции растениеводства в Республике Беларусь. Выполнен анализ результатов применения инноваций в области мобильных энергетических средств, механизации процессов производства зерна, кормов из трав и силосных культур, овощных и других сельскохозяйственных культур.

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

N. Bakach¹, V. Volodkevich¹, A. Shakh¹, P. Amelchenko²

¹RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»
Minsk, Republic of Belarus

²State Scientific Institution Joint Institute of Mechanical Engineering of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Republic of Belarus

FORMATION OF THE PERSPECTIVE STRUCTURE OF THE PARK AGRICULTURAL MACHINES FOR IMPLEMENTATION OF INNOVATIVE CROP PRODUCTION TECHNOLOGIES IN THE REPUBLIC OF BELARUS

Abstract. The article discusses the main directions of the formation of a promising structure of the agricultural machinery park for the implementation of innovative technologies for the production of crop production in the Republic of Belarus. The analysis of the results of the application of innovations in the field of mobile energy, the mechanization of the production of grain, feed from grasses and silage crops, vegetables and other crops.

Keywords: park structure, mobile energy facilities, innovative technology.

Цель работы – формирование перспективной структуры парка сельскохозяйственных машин для снижения ресурсо-энергопотребления в технологиях производства основных видов продукции растениеводства.

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

Введение

Формирование перспективной структуры парка сельскохозяйственных машин в Республике Беларусь осуществляется на фоне неблагоприятных тенденций, характеризующихся значительным (в 1,5...2 раза) превышением доли списания их над обновлением. Кроме того, около 50 процентов 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 в 2018 году составили соответственно 4,5–8,3 чел.-ч/т, 10,6 кВт·ч/т и 14,0 кг усл. т/т; картофеля: 8,9, 6,8 и 9,6; сахарной свеклы: 0,89, 0,12

и 2,0; сена: 2,8–5,4, 0,21 и 1,3; сенажа – 0,63, 0,20 и 1,3; силоса – 0,5, 0,16 и 1,9, льносемян – 28,3, льносоломки – 3,88, льнотресты – 5,62 и овощей – 4,5–8,3 чел.-ч/т, 11,3 кВт·ч/т и 10,3 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 созданных инновационных разработок машин и оборудования.

Изложение основного материала исследования. Основу структуры парка машин и оборудования для реализации инновационных технологий производства продукции растениеводства в республике составляют мобильные энергетические средства (МЭС) (табл. 1). В сельскохозяйственных организациях к настоящему времени они занимают около 56 тыс. ед. при этом, тракторы различного назначения составляют в них около 41,0 тыс. ед. (73,1 %), зерноуборочные комбайны – 8,7 тыс. ед. (около 16,0 %), кормоуборочные комбайны – 3,9 тыс. ед. (6,9 %) и остальная группа МЭС – 3,6 тыс. ед. (4,0 %).

Таблица 1. – Динамика структуры мобильных энергетических средств в организациях АПК Республики Беларусь

Наименование мобильных энергетических средств	2015 год		2016 год		2017 год		2018 год		2019 год	
	Наличие, ед.	%	Наличие, ед.	%	Наличие, ед.	%	Наличие, ед.	%	Наличие, ед.	%
Мобильные энергетические средства, всего, в т.ч.:	62559	100	59108	100	57616	100	56250	100	55972	100
тракторы общего назначения;	43596	69,7	41267	69,8	40377	70,1	39400	70,0	39721	70,8
тракторы специальные для мелиоративных и культурно-технических работ;	1685	2,7	1507	2,5	1421	2,5	1300	2,3	1290	2,3
энергетические средства с шинами-оболочками низкого давления;	818	1,3	842	1,4	847	1,5	876	1,6	992	1,8
опрыскиватели самоходные;	289	0,5	298	0,5	305	0,5	329	0,6	276	0,5
косилки самоходные;	245	0,4	200	0,3	186	0,3	158	0,3	126	0,2
зерноуборочные комбайны;	10522	16,8	9937	16,8	9454	16,4	9165	16,3	8740	16,0
кормоуборочные комбайны;	4468	7,1	4154	7,0	4135	7,2	4128	7,3	3896	6,9
свеклоуборочные комбайны;	385	0,6	335	0,6	315	0,5	309	0,5	286	0,5
теребилки льна самоходные;	165	0,3	168	0,3	170	0,3	173	0,3	159	0,3
оборачиватели-очесыватели лент льна;	38	0,1	40	0,1	44	0,1	51	0,1	51	0,1
оборачиватели лент льна;	253	0,4	265	0,4	266	0,5	268	0,5	322	0,5
пресс-подборщики для льна	95	0,2	95	0,2	96	0,2	93	0,2	100	0,2

В структуре парка тракторов общего назначения класс 5–6 мощностью 250 и более л.с. составляет 18,2 % (около 7,2 тыс. ед.), класс 3–4 мощностью от 150 до 180 л.с. – 3,3 % (1,3 тыс. ед.), класс 2 мощностью 120–130 л.с. – 21,9 % (около 8,7 тыс. ед.) и класс 0,6–1,4 мощностью от 30 до 100 л.с. – 56,6 % (22,4 тыс. ед.). При этом тракторы отечественного производства, в основном ОАО «Минский тракторный завод», составляют около 94,8 % (37,4 тыс. ед.), стран ближнего зарубежья (АО «Санкт-Петербургский тракторный завод», Россия) – 2,7 % (1,1 тыс. ед.) и дальнего зарубежья – («Джон Дир», «Фендт» и «Нью Холанд») только 2,5 % (около 1,0 тыс. ед.). За последние пять лет (2014–2019 гг.) поступление тракторов в сельскохозяйственные организации по сравнению с их выбытием уменьшилось на 767 ед. (38,7 %), однако энергонасыщенных 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 сельскохо-

зяйственных 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. 2).

Таблица 2. – Динамика уровня технологической обеспеченности сельскохозяйственных организаций основными видами машин и оборудования

Перечень машин и оборудования	Уровень обеспеченности, %					
	2014	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Тракторы мощностью 250 и более л.с.	60,4	63,8	63,5	63,7	65,8	64,8
Плуги для гладкой вспашки 8–9-и корпусные	76,1	76,0	75,0	74,1	75,1	73,1
Агрегаты комбинированные почвообрабатывающие шириной захвата 6 и более метров	72,8	75,6	53,3	55,3	57,2	64,5
Агрегаты комбинированные почвообрабатывающе-посевные шириной захвата 6 и более метров	87,0	86,6	64,0	63,9	62,2	64,4
Машины для внесения твердых минеральных удобрений	70,0	65,7	60,3	57,6	55,2	54,6
Машины для внесения твердых органических удобрений	59,7	57,1	53,6	51,9	50,0	51,4
Машины для химической защиты растений	61,2	58,3	56,3	55,0	53,8	53,0
Комбайны зерноуборочные с пропускной способностью 12 и более кг/с	68,1	73,9	68,3	68,5	70,2	69,1
Пресс-подборщики для прессования сено-соломистых материалов в крупногабаритные прямоугольные тюки	27,6	28,6	29,1	31,1	31,9	22,1
Прицепы специальные для перевозки силосной и сенажной массы	92,4	81,6	88,7	88,6	87,4	74,7
Комбайны кормоуборочные мощностью 350 и более л.с.	47,9	52,0	52,1	53,3	54,5	55,0
Комбайны картофелеуборочные	91,8	87,4	79,2	76,7	72,4	73,4
Комбайны для уборки сахарной свеклы	73,8	66,8	58,2	54,7	53,6	49,0

Для реализации технологий обработки почвы и посева к различным классам тракторов сформирован 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 75,1–64,4 %. Дальнейшее совершенствование механизации процессов в данной технологии предусматривается за счет:

- снижения механического воздействия на почву рабочих органов путем совмещения технологических операций;

- создания универсальных многофункциональных 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 сформирована гамма высокопроизводительных машин грузоподъемностью до 25 тонн и шириной захвата до 24 метров [3]. Высокоточное внесение твердых 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 созданы 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 3,9 тыс. ед. кормоуборочных комбайнов. В их структуре комбайны с мощностью двигателя до 350 л.с. составляют около 45,7 % (1,8 тыс. ед.), свыше 350 л.с. – 54,3 (2,1 тыс. ед.). Парк кормоуборочных комбайнов отечественного производства (ОАО «Гомсельмаш») составляет около 79,6 % (3,1 тыс. ед.) и зарубежного производства («Ягуар», «Джон Дир», «Кроне», «Нью Холанд» и другие) – 20,4 % (0,8 тыс. ед.). За 2014–2019 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 тоже 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 350 и более л.с.) составляет только 55,0 % от технологической потребности в них (2,2 тыс. ед.) [5].

На уборке зерновых и зернобобовых культур на площади около 2,6 млн. га в республике задействовано около 8,9 тыс. ед. зерноуборочных комбайнов, из которых комбайны с пропускной способностью 12 и более кг/с составляют 70,5 % (6,3 тыс. ед.) и до 12 кг/с – 29,5 % (2,6 тыс. ед.). В структуре комбайны отечественного производства (ОАО «Гомсельмаш» и ОАО «Лидсельмаш») составляют около 85,6 % (7,6 тыс. ед.), стран ближнего зарубежья (Российская Федерация) – 2,4 % (0,2 тыс. ед.) и дальнего зарубежья – 12 % (1,1 тыс. ед.). За 2014–2019 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 создано 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.

Для уборки и послеуборочной доработки корнеклубнеплодов сформирован 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. 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 позволит способствовать снижению удельных затрат труда до 30–35 %, до 20–25 % потребления топливно-энергетических ресурсов, до 15–20 % металла и до 25–30 % сокращения 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. Мацепуро (Минск, 17–18 окт. 2018 г.) / редкол.: П.П. Казакевич (гл. ред.), Л.Ж. Кострома. – Минск : Беларуская навука, 2018. – С. 97–102.

Е. В. Кислов, Н. Г. Винченко, А. И. Тарима

*РУП «НППЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства
г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: imsh-len@mail.ru*

О КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКЕ СВОЙСТВ ЛЬНОТРЕСТЫ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ ЕЕ ПЕРЕРАБОТКИ

Аннотация: Рассмотрены основные свойства льнотресты, определяющие ее качество, методы их количественной оценки, получены математические зависимости, аппроксимирующие количественную оценку свойств. Результаты следует использовать для подбора оптимального режима и анализ результатов переработки льнотресты.

Ключевые слова: льнотреста, качество, свойства, режимы переработки, оптимизация.

E. V. Kislov, N. G. Vinchenok, A. I. Tarima

*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»
Minsk, Republic of Belarus
e-mail: imsh-len@mail.ru*

ABOUT THE QUANTITATIVE ESTIMATION OF THE PROPERTIES OF THE LINEN TRUNK AT OPTIMIZATION OF ITS PROCESSING MODES

Abstract: The main properties of flax tree, which determine its quality, methods of their quantitative assessment are considered, mathematical dependences are obtained that approximate the quantitative assessment of properties. The results should be used to select the optimal mode and analyze the results of flax-straw processing.

Keywords: flax seed, quality, properties, processing modes, optimization.

Введение

Выбор того или иного свойства льнотресты для оптимизации технологических режимов работы оборудования должен основываться на знаниях связей этого свойства с количеством и качеством содержащегося в стеблях волокна, а также характером изменения этого свойства в результате взаимодействия тресты с рабочими органами перерабатывающего оборудования. Для накопления таких знаний в научных учреждениях республики велись и ведутся соответствующие исследования. Важнейшим их результатом является установление характера зависимостей номера тресты льна, а также результатов ее переработки от этих свойств. В итоге были разработаны и усовершенствованы основанные на инструментальной оценке стандарты на льнотресту и льноволокно [1–3], отраслевой регламент по первичной переработке льна [4] и другие нормативные документы.

Основная часть

В действующем стандарте [1] номер льнотресты определяется по двум показателям – выходу длинного волокна при переработке льнотресты в стандартных условиях и его цвету. А так как выход волокна является результатом переработки льнотресты, то этот показатель не представляется информативным для определения оптимального режима переработки и в свою очередь зависит от более широкого круга свойств тресты.

Из большого числа морфологических признаков стеблей льна можно выделить небольшую группу признаков, связи которых с технологической ценностью сырья наиболее существенны и очевидны. Широкий спектр свойств льнотресты, влияющих на ее номер, и методы их количе-

ственной оценки представлены в [5]. Согласно этому документу номер тресты определялся по сумме баллов, которыми оценивались отдельные свойства льнотресты: средняя горстевая длина стеблей, содержание волокна в тресте, прочность тресты, пригодность тресты, цвет волокна, отделяемость и диаметр стеблей.

Средняя горстевая длина характеризует длину стеблей. Установлено [6], что в стеблях, имеющих большую длину, лубяные пучки наиболее компактны, плотны и построены из более длинных элементарных волокон. Следствием такого строения волокнистой ткани являются высокое содержание волокна в стеблях, повышенная его прочность, способность делиться в процессе чесания и, как результат, высокий выход длинного трепаного волокна хорошего качества. Естественно, что при прочих равных условиях длинные стебли оценивают более высоко. На графике (рисунок 1), построенном по данным таблицы [5] (кривая 1) показана зависимость количества баллов K_1 , которыми оценивается этот показатель, от горстевой длины D . Математически эта зависимость аппроксимируется уравнением

$$K_1 = -0,013D^2 + 1,3883D + 5,9328. \quad (1)$$

Это свойство льнотресты напрямую связано с соответствующим показателем качества трепаного длинного волокна. При переработке льнотресты длина волокна может уменьшаться за счет обсекания концов стеблей в трепании при нерациональном выборе частоты вращения трепальных барабанов, что наряду со снижением качества приводит к снижению выхода длинного волокна.

Содержание волокна характеризует общее количество волокна, которое может быть получено из данной льнотресты, и зависит в основном от сорта льна, условий возделывания и некоторых других факторов. Очевидно, что чем больше содержание волокна в тресте, тем больше из него может быть получено и длинного волокна. Зависимость количества баллов K_2 , которыми оценивался этот показатель, от содержания волокна C показана на графике (кривая 2). Математически эта зависимость аппроксимируется уравнением

$$K_2 = -0,0392C^2 + 3,0571C + 0,7232. \quad (2)$$

При переработке льнотресты значение общего выхода волокна всегда будет отличаться от значения показателя содержания волокна в меньшую сторону за счет уноса волокнистой части стеблей с кострой, образуя паклю, и безвозвратно с пылью. При этом разность между выходом волокна и содержанием волокна в тресте в относительном выражении может изменяться незначительно для конкретной технологической линии. Поэтому этот показатель следует использовать для контроля результатов оптимизации технологических режимов оборудования.

Прочность заключенного в стеблях волокна характеризует его способность выдерживать нагрузки в процессе переработки, а также возможность получать из него более или менее прочные (качественные) ткани. С увеличением прочности возможна интенсификация механических воздействий на тресту рабочими органами машин в процессе переработки, способствующая лучшей очистке волокна от костры, без разрушения волокна. Это позволяет получать более качественное волокно без существенных потерь длинного волокна.

Зависимость количества баллов K_3 от прочности Π показана на графике, (кривая 3). Математически эту зависимость аппроксимируется уравнением

$$K_3 = -0,0244\Pi^2 + 2,4408\Pi - 0,532. \quad (3)$$

Из рисунка видно, что зависимость количества баллов, которыми оценивается показатель прочности, практически совпадает с аналогичной зависимостью для содержания волокна и для тресты с горстевой длиной более 60 см, оба эти показателя являются преобладающими, то есть наиболее значимыми при оценке номера льнотресты.

Следует отметить, что в существующих методах оптимизации технологических режимов оборудования это свойство является одним из основных, на которых базируется определение технологических режимов работы оборудования. Однако стандартизированной метод его оценки в ныне действующих нормативных документах отсутствует. В [5] описан метод оценки прочности тресты, который следует использовать.

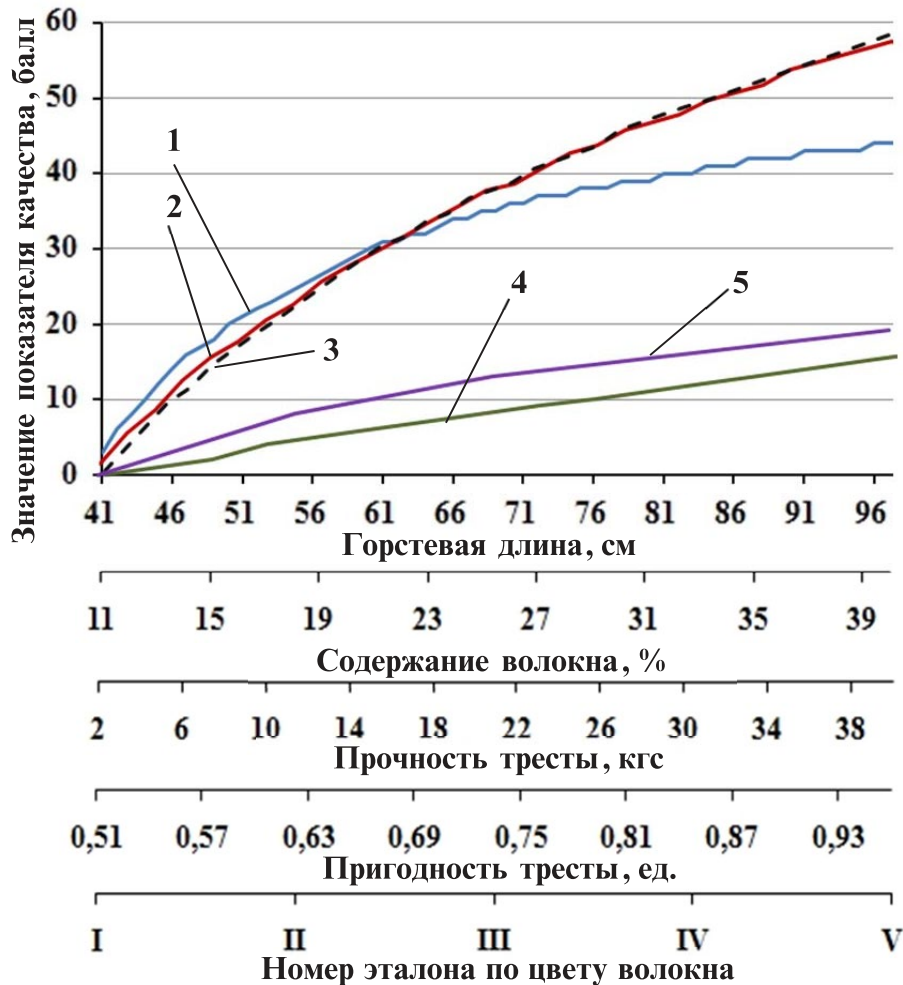


Рис. – Зависимость значений показателя качества льнотресты от ее свойств.
 1 – горстевая длина; 2 – содержание волокна; 3 – прочность; 4 – пригодность; 5 – цвет волокна

Пригодность показывает, какая доля тресты пригодна для производства длинного волокна. Определялась пригодность путем прочеса зажатой в специальной колодке горсти стеблей: сначала в вершинной, потом в комлевой ее части. При прочесе удаляются путанина, подсед и примеси. Вычислялся показатель пригодности, как отношение массы горсти после прочеса к первоначальной массе.

Зависимость количества баллов K_4 от прочности Π_t показана на графике, (кривая 4). Математически эта зависимость аппроксимируется линейным уравнением

$$K_4 = 1,0574\Pi_t - 0,675. \quad (4)$$

Из графика видно, что влияние пригодности на номер тресты существенно ниже влияния предыдущих показателей качества.

Цвет отражает степень одревеснения элементарных лубяных волокон, связанную с концентрацией лигнина на срединных пластинках лубяных клеток. В рассматриваемом стандарте льноволокно подразделяется на 5 групп цвета. Зависимость количества баллов K_5 от группы цвета Π показана на графике (кривая 5). Математически она аппроксимируется линейным уравнением

$$K_5 = 4,6\Pi - 2,6. \quad (5)$$

Из графика видно, что влияние цвета на номер тресты незначительно превосходит влияние пригодности, но существенно уступает влиянию на этот показатель горстевой длины, содержа-

ния волокна, прочности. Цвет волокна в тресте в основном отражается на качестве получаемого длинного и короткого волокна. Поэтому непосредственное использование показателя цвета волокна для оптимизации режимов работы оборудования не имеет смысла. Вместе с тем, имеются исследования [7], доказывающие тесную корреляцию цвета с таким показателем качества льнотресты, как отделяемость, который описан ниже.

Зависимости (1–5) позволяют определить удельный вес $У$ любого из показателей качества K_i в номере льнотресты. Для этого следует использовать формулу

$$У = \frac{K_i}{\sum_{i=1}^5 K_i}.$$

Исходя из удельного веса того или иного показателя следует оптимизировать процесс переработки льнотресты.

Рассмотренные показатели считаются основными при определении номера льнотресты. При этом есть еще ряд дополнительных показателей, которые в незначительной степени оказывают влияние на номер тресты. К ним относятся диаметр стеблей и отделяемость.

Известно, что при одинаковых условиях произрастания более длинные стебли имеют и большую толщину. Но влияние толщины стебля на количество и качество волокна в нем противоположно влиянию длины: одинаковые по всем признакам, но более толстые стебли дают меньший выход волокна, причем волокно худшего качества. Объясняется это тем, что развитие стебля в толщину идет главным образом за счет древесины, а волокнистые пучки располагаются в стебле более редко; в результате процент содержания волокнистых веществ в стебле снижается. Сами пучки при этом имеют более рыхлое строение и подвержены одревеснению, вследствие его получаемое волокно оказывается более грубым и дробиться в процессе чесания. Влияние толщины стеблей льняной тресты учитывается рассматриваемым стандартом следующим образом – оценка сырья снижается на 5 баллов в том случае, когда средний диаметр стеблей превышает 1,6 мм. Следует отметить, что ныне действующим стандартом [1] влияние толщины на номер льнотресты не учитывается.

Отделяемость характеризует степень вылежки льнотресты. Если треста недолежалая, то наличие прочной связи между волокном и древесиной потребует для выделения волокна более интенсивных воздействий. В результате неизбежно увеличится количество отходов, а также снизится качество получаемого волокна. Отделяемость принято выражать числом отрезков стеблей с полностью отделившимся волокном, которое приходится в среднем на каждые десять отрезков, подвергавшихся испытанию. Лабораторное определение этого показателя проводят лишь в том случае, когда возникает сомнение в достаточной степени вылежки тресты. В то же время в существующих методах оптимизации технологических режимов оборудования этот показатель наряду с прочностью являются основными для определения значений технологических режимов работы оборудования.

Некоторые исследователи [8] в качестве фактора для оптимизации технологических режимов оборудования используют показатель влажности льнотресты. Однако влажность льнотресты для линий российского производства и некоторых линий западноевропейского производства (ОАО «Дворецкий льнозавод», ОАО «Дубровенский льнозавод» и др.) является управляемым показателем, так как в линиях выработки длинного и короткого льноволокна установлены сушильные машины, позволяющие обеспечивать технологическую влажность льнотресты. Поэтому использование показателя влажности в качестве фактора для оптимизации технологических режимов работы оборудования нецелесообразно.

Технологическая ценность принимаемой заводом тресты зависит и от того, как она зарулонирована. Ниже рассматриваются показатели, с помощью которых учитывают недостатки льнотресты в этой части.

Прежде всего – неоднородность стеблей в рулонах по длине, толщине и цвету. Неоднородность свойств тресты в партии делает практически невозможным подбор технологического режима,

одинаково благоприятного для всех стеблей. В настоящее время неоднородность свойств тресты является одной из главных причин низкого выхода и качества длинного волокна.

Спутанность стеблей в рулонах (наличие перепутанных, непараллелизованных горстей) чаще всего имеет место в перележалой тресте. Под спутанностью понимают также укладку лент в рулоне комлями в разные стороны. Как и неоднородность, спутанность ведет к снижению выхода и качества длинного волокна. Количественного выражения спутанность не имеет и определяется визуально.

Растянutosть ленты льна в рулонах, численно равная отношению средней длины невыровненных горстей к средней горстевой длине, характеризует невыровненность лент по комлям. Растянutosть приводит к выдергиванию части сырца из зажимного транспортера трепальной машины. Следовательно, с увеличением растянutosи снижается выход длинного волокна.

Выводы

Таким образом, оптимизация технологических режимов работы оборудования должна основываться на таких свойствах льнотресты как прочность и отделяемость. В качестве критериев оптимизации должны использоваться общий выход и выход длинного волокна, а так же качество волокна. Для прогнозирования результатов переработки по выходу длинного волокна могут быть использованы пригодность, растянutosь ленты льна, по качеству волокна – цвет.

Список использованных источников

1. Треста льняная. Требования при заготовках : СТБ 1194–2007. – Введ. 01.06.2008. – Минск : БелГИСС, 2008. – 20 с.
2. Волокно льняное трепаное длинное. Технические условия : СТБ 1195–2008. – Введ. 01.11.2008. – Минск : БелГИСС, 2008. – 18 с.
3. Волокно льняное короткое. Технические условия : СТБ 1850–2009. – Введ. 01.07.2010. – Минск : БелГИСС, 2010. – 18 с.
4. Отраслевой регламент. Первичная обработка льна. Типовые технологические процессы. – Устье, – 2015.
5. Треста льняная. Технические условия : ГОСТ 2975–73. – Введ. 01.01.73. – Москва : Издательство стандартов, 1981. – 18 с.
6. Марков, В.В. Первичная обработка лубяных волокон: учебник для вузов / В.В. Марков, Н.Н. Суслев, В.Г. Трифонов, А.М. Ипатов. – М. : Лёгкая индустрия, 1974. – 416 с.
7. Виноградова, А.Е. Совершенствование метода оценки качества льняной тресты: дис. ...канд. техн. наук. – Кострома, 2005.
8. Мочалов, Л.В. Двухкритериальная оптимизация режимов мятъя / Л.В. Мочалов, Е.С. Хомяков, В.Г. Дроздов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №2. – С. 23...25.

Юрин А.Н., канд. техн. наук, доц.

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

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ УБОРКИ ПЛОДОВ СЕМЕЧКОВЫХ КУЛЬТУР В ПРОМЫШЛЕННЫХ САДАХ

Аннотация: В данной статье приведен анализ технологий и технических средств для уборки плодов семечковых культур в садах интенсивного типа Республики Беларусь.

Ключевые слова: сады интенсивного типа, уборки плодов, семечковые культуры, яблоки, повреждение плодов, ручная уборка, механизированная уборка, поточная уборка.

A. N. Yurin, Ph.D. docent

*RUE "SPC NAS of Belarus for the mechanization of agriculture",
Minsk, Republic of Belarus*

ANALYSIS OF TECHNOLOGIES AND TECHNICAL MEANS FOR DISPOSAL OF CUTTED BRANCHES IN GARDENS

Abstract: This article provides an analysis of technologies and technical means for the disposal of trimmed branches in intensive type gardens

Keywords: intensive-type gardens, branch shredder, disk and drum working bodies, grinding hammers, anti-platinum, cut branches, wood chips.

Введение

В настоящее время в Беларуси возделывается 34,3 тыс. га садов на которых ежегодно производится 150–200 тыс. тонн плодовой и ягодной продукции. [1, 2],

Наиболее трудоемким процессом в производстве плодов семечковых и косточковых культур является уборка, затраты на которую составляют от 40 до 60 % всех трудовых затрат. В настоящее время в республике эти технологические операции выполняются вручную. Такая технология уборки требует больших затрат труда, которые составляют 140–210 чел. ч./га при урожайности 20–30 т/га, или 2,94–4,41 млн. чел. ч. по республике [3]. Имеющийся дефицит квалифицированных сборщиков и обрезчиков приводит к тому, что к выполнению данных технологических операций привлекаются низкоквалифицированные сезонные рабочие (школьники, студенты), что уменьшает производительность труда, приводит к снижению качества продукции и урожайности возделываемых культур на 20–30 %.

В результате ежегодно в стране не добывается 30–60 тыс. тонн плодов семечковых культур [3].

Технологии уборки плодов семечковых культур

Существует три технологии уборки плодов семечковых культур:

- ручная уборка;
- механизированная уборка (уборки плодов машинами с рабочими органами вибрационного принципа действия);
- поточная технология уборки (с применением вспомогательных средств механизации, которые ускоряют процесс ручной уборки).

Более подробно рассмотрим данные технологии.

Ручная уборка плодов

При ручном способе уборки плодов семечковых культур используются плодосборные сумки с отстегивающимся дном емкостью 8 и 12 килограмм.

Сумки, наполненные плодами, опустошают в специальные контейнеры, размещенные на контейнеровозе. Также для сбора применяют садовый инвентарь (лестницы, подставки) или подъемные площадки различного типа (самоходные, навесные на трактор и т.п.).

Эти приспособления облегчают сбор плодов с дерева, но не изменяют ручной характер съема. Производительность работы сборщика повышается (на 25–40 %) и труд облегчается.

К достоинствам ручного типа уборки можно отнести низкий уровень поврежденных плодов, что позволяет закладывать их на длительное хранение или отправлять прямо к местам реализации без предварительной обработки. Однако это характерно только при уборке плодов квалифицированными рабочими.

Однако уборка урожая в садах носит резко выраженный сезонный характер и создает напряженность в этот период в садоводческих хозяйствах, так как уборку плодов необходимо осуществлять в оптимальные агротехнические сроки. Ведь преждевременная уборка приводит к снижению урожая, так как на последней стадии развития многие сорта плодов увеличивают свою массу на 1–2 % в день (поздние сорта – на 0,5 %). Поздний сбор плодов приводит к большим потерям урожая в виде падалицы, а при хранении – в виде убыли массы плодов и снижению их качества.

По этой причине даже в специализированных хозяйствах до 50–80 % работающих на уборке составляют привлеченные неквалифицированные рабочие, качество уборки плодов которыми значительно ниже.

По этой причине объем продукции высшей категории снижается на 15–20 % и более [4].

Механизированная уборка плодов на переработку

Существует и способ механизированной уборки плодов семечковых и косточковых культур с применением уборочных комбайнов вибрационного принципа действия – МПУ–1А, ВУМ–5А и КПУ–2, ВСО–25 «Стрела» с улавливающим приспособлением УП–5 (серийно производились в СССР) (рисунок 1), при котором комбайн производит встряхивание, улавливание в тентовую площадку для сбора, очистку и затаривание плодов в контейнеры, устанавливаемые на специальной площадке [4]. После заполнения контейнер остается в междурядье сада для последующей его транспортировки.

Все вышеперечисленные машины схожи по принципу действия и отличаются лишь конструктивными особенностями (рис. 1).

Технологический процесс, выполняемый машиной МПУ-1 при уборке плодов, заключается в следующем: тракторист направляет машину в транспортном положении в междурядье сада. Машина подъезжает к дереву с открытой секцией улавливателя таким образом, чтобы штамп дерева был между секциями улавливателя и по центру подушек захвата. После подъезда к дереву улавливатель устанавливается на необходимую высоту и закрывают секцию. В это же время зажимают штамп и разводят полотна улавливающего устройства под кроной дерева. Затем тракторист запускает в работу вибратор, выгрузной конвейер и вентилятор.

При колебании дерева плоды падают на полотна улавливателя, скатываются на выгрузной конвейер, которым направляются в тару (ящики). В момент падения вороха с ленты конвейера он продувается воздуш-



Рис. 1 – Комбайн для уборки плодов МПУ–1А

ной струей от вентилятора, в результате чего плоды очищаются от легковесных примесей. Заполненные плодами ящики рабочий снимает с площадки под конвейером, оставляет их в междурядьях сада, а на их место устанавливает порожние. Далее тракторист выключает привод вибратора, конвейера и вентилятора, открывает зажимы захвата, складывает улавливатель, раскрывает подвижную секцию захвата, отъезжает от дерева и операции технологического процесса по съему плодов с дерева повторяются.

Подобная конструкция представленных машин обеспечивает высокую производительность труда на уборке и степень механизации процесса уборки плодов. Однако при падении плоды сталкиваются друг с другом, ветвями насаждений и элементами конструкции машин, в результате чего получают повреждения.

Количество поврежденных плодов зависит от размеров и конструкции улавливающего приспособления, степени зрелости плодов в период уборки, урожая на дереве, массы отдельного плода, особенности кроны, размеров дерева и режимов работы вибратора плодуборочной машины.

На рис. 2, рис. 3 и рис. 4 показано качество плодов убираемых машинами ВСО-25 и ПСМ-55.

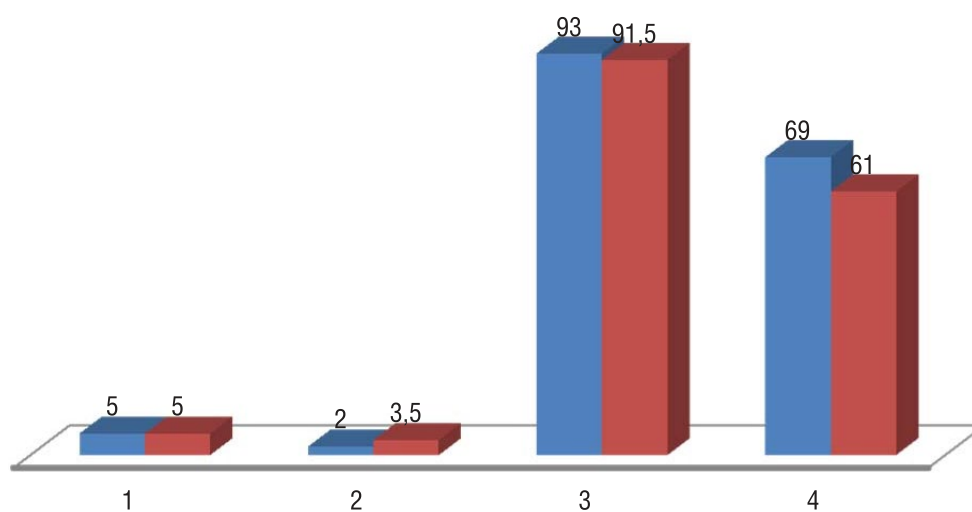


Рис. 2 – Качество плодов сливы убранной машинами ВСО – 25 и ПСМ -55
1 – естественный брак; 2 – поврежденные плоды; 3 – здоровые плоды;
4 – с плодоножками из здоровых плодов [4].

красный - ВСО-25
синий - ПСМ-55

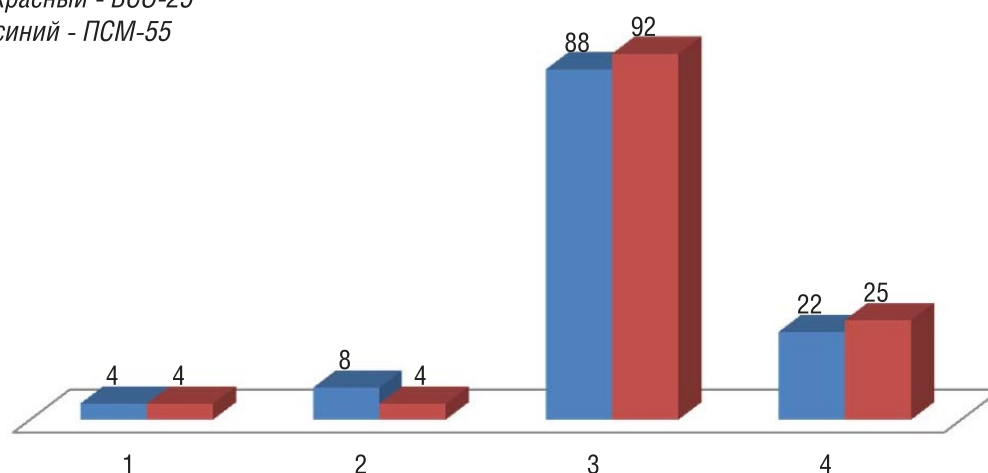


Рис. 3 – Качество плодов вишни и черешни убранной машинами ВСО – 25 и ПСМ -55
1 – естественный брак; 2 – поврежденные плоды; 3 – здоровые плоды; 4 – с плодоножками из здоровых плодов [4].

красный - ВСО-25
синий - ПСМ-55

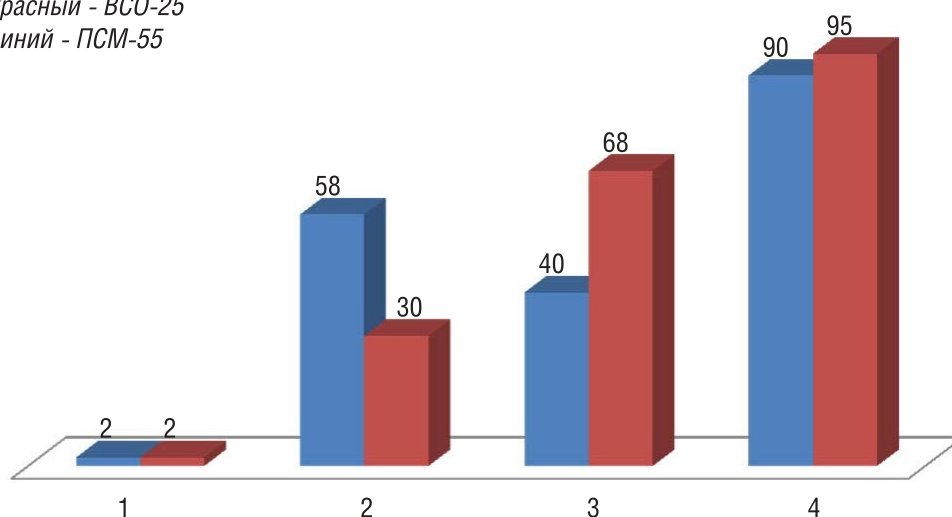


Рис. 4 – Качество плодов яблони убранных машинами ВСО – 25 и ПСМ -55

1 – естественный брак; 2 – поврежденные плоды; 3 – здоровые плоды; 4 – с плодоножками из здоровых плодов [4].

Анализируя работу комбайнов, предназначенных для уборки плодов семечковых культур, вибрационного типа можно сделать вывод, что их применение позволяет обеспечить высокий уровень производительности и качества уборки (полнота съема – 97 %, полнота улавливания – 96 %). При этом, производительность труда по сравнению с ручным трудом возрастала более чем в 12 раз.

В то же время, как видно из рисунков, такие машины подходят для механизированной уборки плодов косточковых культур.

Повреждение же плодов семечковых культур составляет не менее 30 %, что неприемлемо при уборке сортов предназначенных для длительного хранения.

Поточная уборка плодов

Для выполнения большого объема работ по уборке плодов предназначенных для длительного хранения требуется создание высокопроизводительных уборочных средств, поэтому следующим шагом в развитии технических средств явилась разработка плодуборочных платформ (одноместных и многоместных) различных конструкций. Применение платформ: позволяет получить экономию затрат труда, по сравнению с ручным трудом. Однако и в этом случае сьем плодов с деревьев осуществляется вручную.

В СССР был разработан комплекс машин для уборки плодов в пальметтных садах, разработанный СКБ по машинам для садов и виноградников зоны Средней Азии и бахчевых культур (г. Ташкент), ВИСХОМом, Всесоюзным научно-исследовательским институтом садоводства им. И. В. Мичурина (ВНИИСом) и УкрНИИСом [4].

Комплекс состоит из полуприцепной машины КПП-1,6 (рис. 5) для сбора плодов и формирования кроны деревьев в пальметтных садах, прицепа-контейнеровоза ПК-4, погрузчика ППК-0,5 и комплекта контейнеров КСП-0,5. Машина КПП-1,6 агрегируется с трактором класса 0,6–0,9, на который навешен порталый погрузчик контейнеров ППК-0,5.

Наибольший эффект от применения комплекса машин наблюдался при одновременной работе трех плодуборочных платформ с одним прицепом-контейнеровозом.

Машина КПП-1,6 предназначена для непрерывного поярусного сбора плодов в садах с плоской формировкой кроны и шириной междурядий 3,5–5,0 м при высоте деревьев до 4,0 м. Для производства работ по детальной обрезке и формированию кроны машина комплектуется пневматическим механизированным и ручным инструментами (рис. 5).

Технологический процесс работы заключается в следующем. Машина КПП-1,6, агрегируемая с трактором, въезжает в междурядье плодоносящего сада. Предварительно лестничные трапы 3 раздвигают таким образом, чтобы сборщики могли снимать руками плоды с двух полу-

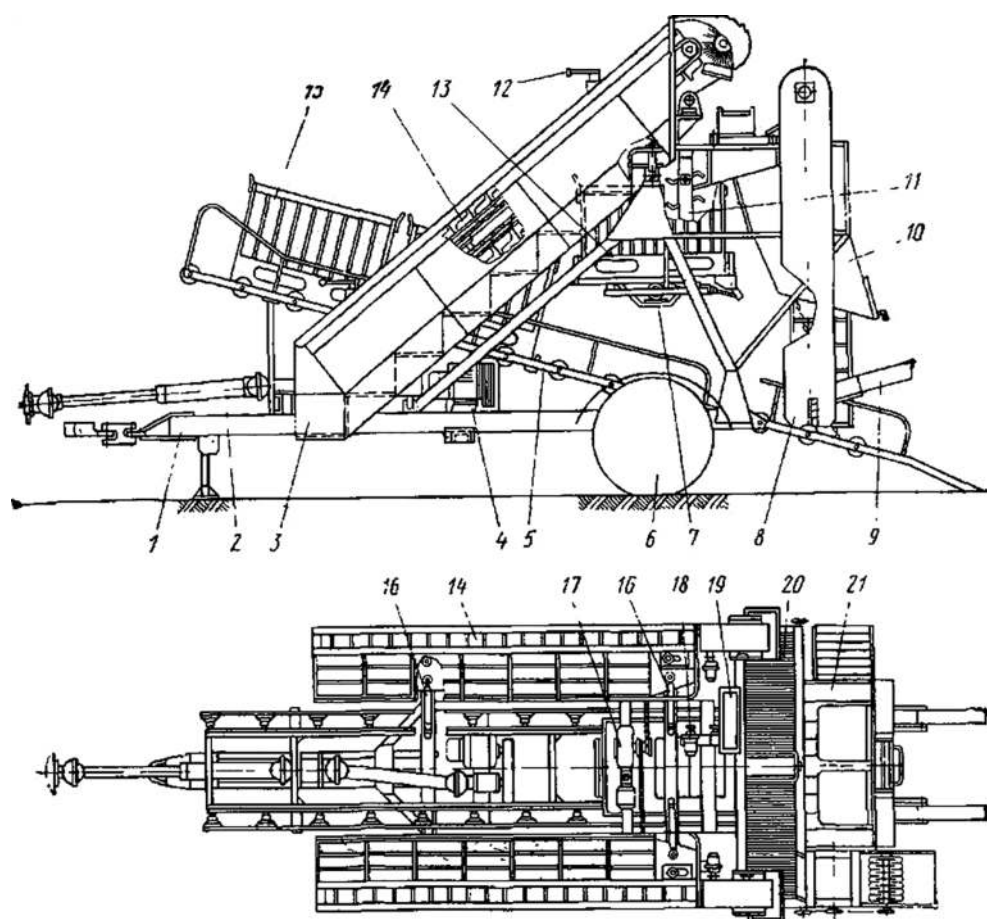


Рис. 5 – Схема машины КПП-1,6 для сбора плодов и формирования кроны деревьев в пальметтных садах

рядов деревьев. Снятые плоды сборщики укладывают в приемные лотки подручных конвейеров 14, с которыми они подаются в заднюю часть машины на поперечные сортировочные конвейеры 20. Далее плоды направляются в приемный лоток наполнителя 11. Наполнитель снабжен укладывающим механизмом плодов, обеспечивающим мягкую укладку их в контейнер.

По мере наполнения контейнер специальным автоматическим механизмом 17 опускается и устанавливается на рольганг 5 платформы. Порожние контейнеры подают на платформу порталным погрузчиком. При этом контейнеры стопорятся и по одному захватываются механизмом 17, который поднимает порожний контейнер под наполнитель 11 и по мере его наполнения, опускает на рольганг 5, как было указано.

В процессе заполнения контейнера плоды можно уплотнять с помощью вибрации, что обеспечивает более рациональное использование тары и уменьшает повреждение плодов при транспортировке. Заполненный плодами контейнер с наклонного рольганга 5 опускается в междурядье сзади платформы.

Сортировка плодов может осуществляться на поперечных конвейерах 20 волнового типа, позволяющих в процессе прохождения поворачивать плоды для улучшения их осмотра и отбраковки. На платформе имеется задний вертикальный конвейер 8 ковшового типа, в который укладывают плоды, снятые сборщиками с земли.

В последнее десятилетие за рубежом все больше создается универсальных плодуборочных платформ различного типа, способных обеспечивать производительность сборщика 250–350 кг/ч (увеличение производительности в 2,5–3,5 раза по сравнению с ручным трудом) и снижению прямых издержек не менее чем на 10 %.

Лучшими аналогами таких машин являются платформы плодуборочные Pluk-O-Trak Junior и Pluk-O-Trak Senior фирмы Munchhof (Голландия) (рис. 6), H40s pro, M20s pro и L10s pro фирмы Knecht (Италия), Carrier, Ein, Junior, Senior и Zip 30 фирмы N.Blosi (Италия) [5–7].



Рис. 6 – Платформа плодуборочная Pluk-O-Trak фирмы Munchhof

Мировой опыт применения такой техники для уборки плодов показал, что наиболее целесообразно создание самоходного агрегата. Его применение исключает необходимость использования трактора в процессе работы, снижается расход топлива, улучшается маневренность платформ в междурядьях садов интенсивного типа и увеличивает производительность труда.

Анализ технических характеристик плодуборочных платформ показал, что наиболее совершенной машиной является Pluk-O-Trak фирмы Munchhof (Голландия).

Наличие раздельно управляемых платформ второго и третьего яруса и системы конвейеров позволяет максимально механизировать процесс уборки плодов и повысить производительность труда сборщиков, при сохранении высокого качества убранного урожая.

Однако обоснование конструктивных параметров и режимов работы данных машин до настоящего времени не проведено, что не позволяет в полной мере реализовать потенциал повышения производительности их труда в конкретных природно-климатических условиях.

Заключение

1. Анализ технических характеристик плодуборочных платформ показал, что наиболее совершенной машиной является Pluk-O-Trak фирмы Munchhof (Голландия).

2. Наличие раздельно управляемых платформ второго и третьего яруса и системы конвейеров позволяет максимально механизировать процесс уборки плодов и повысить производительность труда сборщиков, при сохранении высокого качества убранного урожая.

3. Однако обоснования конструктивных параметров и режимов работы данных машин до настоящего времени не проведено, что не позволяет в полной мере реализовать потенциал повышения производительности их труда в конкретных природно-климатических условиях.

Список использованных источников

1. Сельское хозяйство Республики Беларусь. Статистический сборник. / Национальный статистический комитет Республики Беларусь, Минск 2019 – 235 с.

2. Валовый сбор и урожайность фруктов и ягод в Республике Беларусь за 2019 год / Национальный статистический комитет Республики Беларусь, Минск 2019 – 14 с.

3. Лобачевский, Ю.П., Смирнов, И.Г., Юрин, А.Н., Хорт, Д.О., Филиппов, Р.А. Развитие технических средств для возделывания многолетних насаждений в садоводстве России и Беларуси // Ж-л «Механизация сельского хозяйства». – 2016. – № 2. – С. 28–37.

4. Машины для формирования крон и уборки плодовых культур / Г.П. Варламов: [и др.], М., «Машиностроение», 1975 – 206 с.

5. Pluk-o-Trak Junior [Electronic resource]: Mode of access: <https://www.munchhof.org/ru/machine/pluk-o-trak-junior/> – Date of access: 17.07.2020.

6. Immer im Lot: Knecht H45 [Electronic resource]: Mode of access: <https://www.bermartec.com/knecht/produkte/h45/> – Date of access: 17.07.2020.

7. Carrier Moving machines [Electronic resource]: Mode of access: http://www.nblo.si.com/en/moving_machines/carrier.php – Date of access: 17.07.2020.

П. П. Казакевич, С. Ф. Лойко, С. П. Колешко

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

РУЛОНИРОВАНИЕ ЛЬНОТРЕСТЫ ПРИЦЕПНЫМИ И САМОХОДНЫМИ ПРЕСС-ПОДБОРЩИКАМИ

Аннотация: В статье приведен анализ процесса рулонирования различных типов тресты прицепными и самоходными пресс-подборщиками.

Ключевые слова: пресс-подборщик, льнотреста, процесс, анализ, рулон, плотность, лента, производительность.

P. P. Kazakevich, S. F. Loiko, S. P. Koleshko

*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»
Minsk, Republic of Belarus
e-mail: vozd_ub_len@mail.ru;*

RULING OF DIFFERENT BY TRAILED AND SELF-POWERED PRESS PICKERS

Abstract: The article provides an analysis of the process of rolling various types of trusts by trailed and self-propelled balers.

Keywords: baler, flax, process, analysis, roll, density, ribbon, performance.

Введение

В настоящее время в республике, как и в мире, основным способом заготовки льносырья является рулонная технология уборки льнотресты. Приобретён значительный опыт использования рулонных пресс-подборщиков – как прицепных, так и самоходных. Заготовка льнотресты в рулоны позволила полностью механизировать уборку льна. В результате, при соблюдении агротехнических сроков выполнения данной операции, существенно повысилась производительность работ, сократились затраты труда, возросла сохранность выращенного урожая.

Рулонирование льняной тресты в паковки даёт возможность полного исключения ручного труда при её подъёме, на погрузочно-разгрузочных работах в поле и местах хранения, сокращения транспортных расходов, более полного использования складских помещений, а также обеспечение механизированной подготовки тресты к переработке. Так как паковки льносырья поступают на дальнейшую переработку с целью получения волокна, то такая заготовка тресты должна отвечать технологическим требованиям первичной переработки.

Непосредственное влияние на выход длинного волокна при переработке на линиях льнотресты оказывают равномерность формирования ленты в рулоне с требуемой линейной плотностью, а также растянутость стеблей в ленте и в рулоне.

При прессовании льнотресты, полнота её подбора должна быть не менее 99 %; повреждение стеблей допускается не выше 3 %; угол отклонения стеблей в ленте не более 5°; неравномерность расстила не более 5 %; разрыв в ленте не более 3 %; увеличение растянутости ленты не более 1,05 %; увеличение отклонения стеблей в ленте не более 8°; увеличение неравномерности расстила стеблей в ленте 10–12 %; оборачивание стеблей в ленте 96–98 %; а их растянутость — не более чем в 1,3 раза.

Рациональная линейная плотность слоя льнотресты в рулоне должна составлять 1,8–3,5 кг/м.п. [1]. В этом случае будет обеспечиваться номинальная производительность технологических линий выработки волокна, что также обеспечит нормативный выход длинного волокна при соответствующем его качестве.

Основная часть

Исходная линейная плотность ленты льна, сформированная терибильным аппаратом, определяется урожайностью льна и рабочей шириной захвата льноуборочной машины. Фактическая урожайность льнотресты в условиях республики изменяется от 2,0 до 6,0 т/га, а рабочая ширина захвата уборочных машин находится в пределах 1,2–1,65 м. Линейная плотность исходной ленты льна находится в пределах от 0,24 до 1,0 кг/м.п. В результате для получения требуемой линейной плотности ленты льна в рулоне, ее необходимо уплотнить в 2–9 раз, т.е. практически на поле необходимо собрать ленту с 2–м и сформировать м слоя льнотресты в рулоне.

Выполнение агротехнических показателей зависит, как от эффективности выполнения предыдущих стадий производства льна, так и совершенства конструкции пресс-подборщиков. Только растянутость ленты в рулоне в большей степени зависит от высоты стеблей льна или ширины ленты льнотресты сформированной предыдущими машинами.

Технологический процесс работы пресс-подборщика льна заключается в следующем (рис.): – при движении агрегата подборщик поднимает стебли и подает на питающий барабан;

– за счет движения в противоположном направлении питающего барабана, отбойного битера и прессующих лент стебли закручиваются против часовой стрелки (со стороны комля), образуя сердцевину (куклу), а впоследствии и рулон;

– когда рулон сформирован – производят обвязку шпагатом;

– по окончании обвязки шпагат обрезают ножами, открывают клапан пресс-камеры, а рулон, под воздействием прессующих лент и собственной массы, сбрасывается на землю;

– после выгрузки рулона, клапан возвращают в исходное положение, приступают к формированию нового рулона.

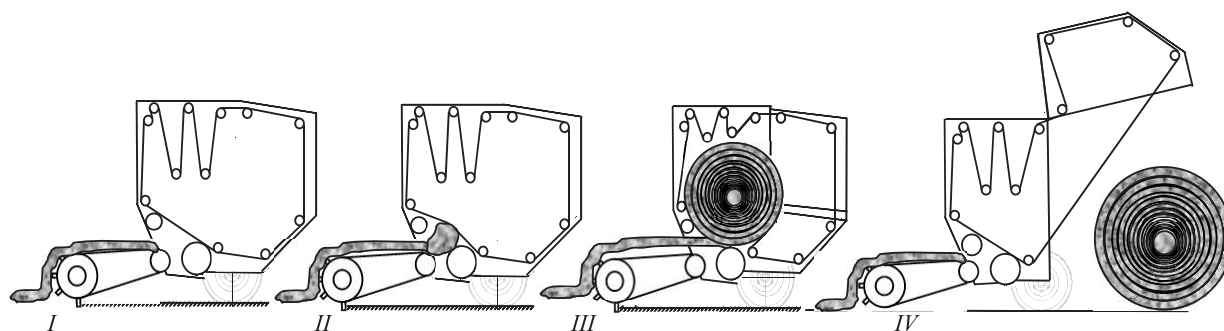


Рис. – Схема технологического процесса

I – подача льносырья в пресс-камеру; *II–III* – формирование рулона; *IV* – выгрузка рулона

Прессование льнотресты ведется прицепными и самоходными пресс-подборщиками льна. Прицепные агрегаты представлены такими моделями, как ПРЛ-150 и его модификациями, а также ППУ-165. Самоходные пресс-подборщики представлены моделями ПРС-1 и ПЛС-1,5.

В прицепном пресс-подборщике с механическим приводом ПРЛ-150 излишние скорости подбирающего барабана и скорость прессовальных ремней весьма трудоемка, т.к. требуется переустановка сменных приводных звездочек. Повысить линейную плотность ленты льна в рулоне в определенных пределах можно увеличением рабочей скорости трактора, которая ограничена работоспособностью подбирающего барабана и нагруженностью подбирающих пальцев. Это увеличит объем поступающей массы в единицу времени к питающему барабану. Но при увеличении рабочей скорости ухудшается ориентированность стеблей в ленте, нарушается параллельность стеблей. Это также приводит к снижению выхода длинного волокна [2].

У самоходного пресс-подборщика ПРС-1 скорость подбирающего барабана и транспортирующей ленты синхронизирована с рабочей скоростью пресс-подборщика. Скорость прессовальных ремней задается через блок управления пропорционально скорости транспортирующей ленты с учетом урожайности льна на поле.

В самоходном пресс-подборщике ПЛС-1,5 подбирающий барабан имеет отдельный привод и его скорость синхронизирована с рабочей скоростью пресс-подборщика. Гидромотор привода транспортирующих лент соединен последовательно с гидромотором привода прессовальных ремней, а его скорость задается посредством блока управления пропорционально скорости подбирающего барабана исходя из фактической урожайности льна на поле.

В последние годы в республике разработаны и освоены в производстве прицепной пресс-подборщик ППЛ-1 и ПРЛ-150МГ производства ОАО «Бобруйскагромаш», в которых скорость подбирающего барабана и транспортирующих лент устанавливается на блоке управления и синхронизируется со скоростью трактора, а скорость прессовальных ремней задается исходя из фактической урожайности льна, т.е. вес 1 пог.м. ленты льна на поле и требуемой линейной плотности слоя льна в рулоне.

Заключение

В настоящее время в республике, как и во всем мире, основным способом заготовки льносырья является рулонная технология уборки льнотресты. Накоплен значительный опыт использования рулонных пресс-подборщиков – как прицепных, так и самоходных. Заготовка льнотресты в рулоны позволила практически полностью механизировать уборку льна. Это позволило существенно повысить производительность работ и сократить затраты труда.

Важным моментом является обеспечение формирования слоя льнотресты в рулоне требуемой линейной плотности при подборе исходной ленты, линейная плотность которой непостоянна и может изменяться в широких диапазонах. Для этого конструкции пресс-подборщиков должны предусматриваться устройства для обеспечения изменения режимов работы подбирающего механизма и прессовальной камеры.

Очевидно, что с развитием средств механизации льноводства, будут совершенствоваться, в том числе и машины для заготовки льнотресты. Основное внимание необходимо уделять вопросу обеспечения требуемых параметров слоя льнотресты в рулоне с использованием систем оперативного управления рабочим процессом.

Список использованных источников

1. Льноуборочные машины. - Москва; «Машиностроение», 1985. С.192–206.
2. Инновационные технологии в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции.– Минск: БГАТУ, 2011.
3. Патент РБ на полезную модель № 7539 «Пресс-подборщик льна» / Трибуналов М. Н., Лойко С.Ф., Лавор Б. Л., 2011

Wacław Romaniuk¹, Stanisław Winnicki¹, Andrzej Borusiewicz², Jan Barwicki³, Grzegorz Walowski⁴, Kamila Mazur¹, Kierończyk M⁵.

¹*Institute of Technology and Life Sciences in Falenty, Department of Rural Technical Infrastructure Systems, Branch in Warsaw, 32 Rakowiecka Street, 02-532 Warsaw, Poland*

²*Higher School of Agribusiness in Lomza, Deputy Director, 19 Studencka Street, 18-402 Lomza, Poland*

³*Agency for Modernization and Restructurization of Agriculture, Warsaw, Poland*

⁴*Institute of Technology and Life Sciences in Falenty, Department of Renewable Energy Resources, Branch in Poznan, 67 Biskupinska Street, 60-463 Poznan, Poland*

⁵*Institute of Technology and Life Sciences in Falenty, Kujawian Research Center, Bydgoszcz,*

e-mail address: walowski.g@gmail.com or g.walowski@itp.edu.pl

INFLUENCE OF MILKING ROBOT ON PROCESSES IN CHOSEN FAMILY FARM

Abstract: A cow welfare and herd management on family farm in the new barn with the Lely Astronaut A4 milking robot was carried out under investigation, compare to the conditions in the old barn with a tied up system. The study covers old barn activity in years 2005 and 2013–2014 and the first five years of the operation of the new barn (2015–2019). In 2005 the average milk yield from one cow was equal 5640 kg, but the average annual milk yield in 2017–2019 stabilized at a very high level – over 12 thousand. In 2019 the cytological quality of milk gradually improved in subsequent years: there were 90.4 % of milk samples with the number of somatic cells (SSC) ml⁻¹ less than 400.000 ml⁻¹ and only 3.5 % of samples with SSC over 1000 ml⁻¹. The time intervals between milkings were quite well managed. Almost 80 % of cows were milked correctly with milking under 15 kg. 12.2 % of the cows sporadically had too high milking and 10.2 % of the cows had systematically abundant milking – above 15 kg and sporadically above 20 kg. Milk production throughout the year was relatively even. The well-being of cows determined on the basis of SSC, the amount of milk in one-time milking and vitality of cows indicates good living and exploitation conditions. The herd management was provided in a correct way.

Keywords: cow, milking robot, milk yield, somatic cells (SSC).

Вацлав Романиук¹, Станислав Винницки¹, Анджей Борисевич², Ян Барвицки³, Грегж Валёвски⁴, Камила Мазур¹, Кирончук М⁵.

¹*Институт технологий и наук о жизни, Департамент сельских систем технической инфраструктуры Филиал в Варшаве, ул. Раковецка, 32, 02-532 Варшава, Польша*

²*Высшая школа агробизнеса в г. Ломже, ул. Студенческая, 19, 18-402 Ломжа, Польша*

³*Агентство по модернизации и реструктуризации сельского хозяйства, Варшава, Польша*

⁴*Институт технологий и наук о жизни в Фаленти, Департамент возобновляемых источников энергии, Филиал в Познани, ул. Бискупов, 67, 60-463 Познань, Польша*

⁵*Институт технологий и наук о жизни в Фаленти,*

Куявский исследовательский центр, Быдгощ

e-mail address: walowski.g@gmail.com или g.walowski@itp.edu.pl

ВЛИЯНИЕ ДОИЛЬНОГО РОБОТА НА ПРОЦЕССЫ НА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ СЕМЕЙНОЙ ФЕРМЕ

Аннотация: Исследования в рамках обслуживания коров и стада на фермах семейного типа при помощи робота Astronaut A4 и на фермах, использующих старую подвесную доильную систему. Исследования охватывают деятельность подвесного доильного аппарата старого образца в 2005 году и 2013–2015 годы и работу нового за 2014–2015 годы. В 2005 году средний надой с одной коровы равнялся 5640 литров. В 2017–2019 годах показатели надоя возросли и зафиксировались на максимальном уровне в 12 тысяч литров молока. Цитологическое качество молока также улучшалось за период использования доильного робота Astronaut A4 и, к 2019 году, достигло следующих показателей: 90,4 % проб молока имело менее 400 000 соматических клеток (SSC) на 1 мл и только 3,5 % проб показало более 1000 на 1мл. Во время эксперимента соблюдались временные интервалы и протокол доения у 80 % коров с выходом молока до 15 кг. У 12,2 % коров частота доения увеличивалась, а 10,2 % доили максимально интенсивно, соответственно показатели надоев достигали более 15 и даже 20 килограмм. Производство молока оставалось

стабильным в течение года во всех трех испытуемых группах. Самочувствие коров, определяемое на основе соматических клеток (SCC), количество получаемого молока при однократном доении свидетельствовали о надлежащем уходе и управлении стадом.

Ключевые слова: стадо, фермы, коровы, надои, доильный аппарат, доильный робот, соматические клетки, надои.

Introduction

The type and level of mechanization of work in the barn is closely linked to the size of the cow herd. On the other hand, the size of the cattle herd depends on the agricultural area of land for feed production [1]. This relation results from the need to have your own base to provide roughage and also of area for managing of application of natural fertilizers.

In Poland, there is a large diversity and fragmentation of farms in terms of agricultural areas. This translates into the structure of cattle herds in terms of the number of animals in the herd. Many farms which are specialized in milk production used the lease to supplement their own land shortages.

Milking robots represent the highest technical level. Currently the high price of a robot requires its rational use. Its measure is the amount of milk milked per day and year. It is a derivative of the number of milkings made per day and the amount of milk obtained per milking. The number of milking per day is equal from about 140 to 180 [2–4]. The number of cows, which can be milked a day is equal from 55 to 65. However, the amount of milk per one milking depends on the performance of cows. According to the recommendations of robot manufacturers, it should not exceed 14 kg of milk per milking.

The subject of this research was the analysis of the work efficiency of the robot Lely Astronaut type A4 used on a family farm over a period of five years. The aim of the study was to determine the level of cow welfare and the efficiency of herd management.

When compare milking of cows in conventional parlors, with cows milked using robots, it should be pointed out that second solution present more freedom to control of daily cows activities and rhythms and have more opportunities to interact with their environment. However, most robots are single-stall units, resulting in an isolated milking experience that drastically differs from most conventional parlor systems. Social isolation in unfamiliar surroundings has been suggested to increase stress responses in dairy cattle [5]. As a result, different animal welfare implications may be associated with robot system. One of the main advantages of the robot lies in the ability to control of milking frequency of individual cow, to adjust the production level at specific stages of lactation without incurring of additional labor costs [6, 7]. Irrespective of parity, cows milked more frequently throughout lactation typically produce more milk compared with cows milked twice a day [7]. Studies conducted in parlor milking systems only with early lactation cows that were milked more frequently it was experienced increased milk production [8, 9].

Some researchers have reported an increase in milk production from 2 to 12 % in cows milking 2+ times a day using robot compare with cows milking twice a day in conventional parlors [10–12]. For example, milk yield was found to be 9 % higher in cows milked 3.2 a day using robot compare with 2 times a day in case of milking parlor [13]. High-yielding cows when using robot, experienced in couple higher milking frequency with higher yield per milking, indicating that voluntary milking behavior and milk yield potential are both important factors to consider [14].

Somatic cell count (SCC) is one of the most-used in direct indicators of subclinical mastitis, although an effect of season, parity, and lactation stage is often seen [15]. Several survey-based studies have examined changes in milk quality on dairy farms making the transition from conventional parlors to robotic systems. The findings have varied from reports of no changes or decrease in SCC [16] to increases in SCC [17, 18].

It should be also pointed out a new development in milking robot design, such as the automatic rotary milking parlor, which gives new opportunities for dairy farms and research should continue to examine the process of differences between milking systems, as well as the impacts of the different facilities and management on dairy cow behavior, health, and welfare.

Materials and methods

The research was carried out on a herd of cows on a family farm in the Kuyavian-Pomeranian Voivodeship. Until 2014, the cows were kept in the old barn throughout the year with alcove tied up system, with a straw bedding and milking to the pipeline. In December 2014, a whole herd of 30 Polish Holstein-Friesian black and white (PHF-HO) cows was moved to the newly built barn. All the barn equipment is from Lely Company. There is free-standing maintenance in stall boxes with litter in the new barn. The cows in the lactation and dry cycle and also high-calf heifers are kept in 80 boxes.

Calves and female youth are kept in an old barn. There is a crevice floor in the corridors which is cleaned with a Discovery 590 Robot. The slurry is stored in the grate channels and the above-ground tank at the barn. The basic food dose in the form of a PMR mixture is given by a feed wagon. On the other hand, differentiated individually, depending on the actual day-to-day yield of milk, the quantity of concentrated feed is collected by cows during milking. Milking is performed by the Astronaut A4 single-seat robot. The increase in stocking density to around 60 cows was gradually due to expanded reproduction within two years.

The study had two directions: determining the level of cow welfare and the correctness of herd management. The following indicators were used to assess the welfare of cows' which contributed to higher productivity rate:

- time of cow's productivity and life efficiency,
- cytological quality of milk,
- characteristics of cows concerning aspects of milk production.

Herd management was assessed on the basis of:

- herd performance,
- individual performance for 305 –days of lactation,
- uniformity of milk production throughout the year.

The output figures come from:

- the resulting reports (RW-1 and RW-2) on milk performance control conducted by milking robot Astronaut A4 method (currently AR-4) approved by the Polish Federation of Cattle Breeders and Milk Producers (PFHBiPM), FMS Farm Scan Reports conducted by milking robot manufacturer Lely Co.

All experiment results were developed in the form of statistical analysis and presented in the paper. So the fundamental methodology of provided research was concentrated on examination of all parameters connected with the description of cows' welfare, after they were moved to the new barn with the innovative technology of milk production using milking robot.

The barn was inhabited by 30 cows in various stages of lactation. 16 cows (53.4 %) were in the group of primiparous cows, 7 cows (23.3 %) were in the second lactation, 6 ones (20 %) in the third lactation and one cow in the fourth lactation.

Due to the expanded reproduction, a share of primiparous cows remained high (50÷57) % by 2017. The relatively normal distribution of the herd age structure came only in 2018, i.e. in the fourth year of operation of the barn.

Results and discussion

1. Culling and life efficiency of culling cows

A long-life span and high life efficiency are evidence of good conditions for the maintenance and use of cows. It is also beneficial for farmers due to the reduction in the cost of repair heifers rearing. Table 1 presents the basic characteristics of this issue.

The level of culling cows was the lowest in the first two years (2015 and 2016) and the highest in the fourth year (2018) of use of a new barn. Generally, it remained at a moderate level. Taking into consideration the lactation number, the cows were culled the most frequent in the second lactation (28.8%) and in the first lactation (27.4 %). This distribution results from the manner in which the object is inhabited and the expanded reproduction of the herd. Gradual changes can be seen in subsequent years.

Two phases are clearly identified in the analysis of the lactating phase of culling cows. 57.6 % cases (the most frequent) of culling cows was noted in prolonged - over 305-day lactation. This indicates that

the cause was fertility disorders. Not calving cows were milked until they gave a lot of milk. The second peak is the first 100 days of lactation - 25.8 %. There were two reasons in this case: the selection of cows with low productivity and postnatal complications. The average lifetime of cows increases in subsequent years: from 1.9 years in 2016 and 2.2 years in 2015 to 3.3 years in 2019 and 3.4 years in 2018. This is a consequence of the stabilization of age structure of the herd. The average lifetime of cows under control in 2018 was 3.0 years. Positive changes in the life efficiency of culling cows took place: it was below 20,000 kg in 2015 and 2016 while in 2019 it exceeded 40,000 kg of milk. The national average for the PHF-HO breed in 2018 was just over 23,000 kg. An increase in the life efficiency of cows leads to an improvement in the efficiency of milk production. [19, 20].

Table 1. – Life efficiency and the level of culling cows

Specification	Value (year)					Total	
	2015	2016	2017	2018	2019	n	%
The level of missing cows	17.6	16.2	21.1	24.6	20.9		
Number of <i>culling</i> cows:							
a) Number of lactation 1							
2	2	5	5	4	2	18	27.4
3	6	3	5	3	2	19	28.8
4	1	2	2	4	6	15	22.7
5	-	1	1	4	3	9	13.6
6	-	-	2	1	1	4	6.0
-	-	-	-	1	-	1	1.5
Total	9	11	15	17	14	66	100
Number of <i>culling</i> cows:							
b) during lactation							
to 100	4	3	2	4	4	17	25.8
101-200	-	1	-	2	2	5	7.5
201-305	-	1	4	-	-	6	9.1
≥ 306	5	6	9	8	8	38	57.6
Total	9	11	15	17	14	66	100
Average life of cows - years	2.2	1.9	2.6	3.4	3.3		
Life performance of cows that are <i>culling</i>							
- milk	19 539	17 836	27 398	36 066	40 646		
- fat	865	725	1024	1398	1531		
- proteins	706	590	914	1209	1361		
- fat (%)	4.49	4.06	3.73	3.88	3.77		
- proteins (%)	3.61	3.31	3.33	3.35	3.35		

The values characterizing cow culling improved in subsequent years. This indicates that the living conditions and milk production of cows in a new barn were provided in a proper way .

2. Cytological quality of milk

Cytological quality determined by the number of somatic cells (SCC) is the basic indicator of milk marketing (purchase). In Poland, as in the entire European Union, the upper value is 400.000 ml⁻¹. An increase in SCC indicates a worsening state of the udder's health. At SCC in the range from 401 to 1000 thousand. ml⁻¹ is defined as subclinical inflammation, and above 1001 thous. ml⁻¹ as a clinical form of mastitis.

Table 2 shows the number of samples tested for the presence of somatic cells (SCC).

In 2005 which means from the beginning of usability of testing in a herd in an old barn, 82.4 % of the samples met the requirements for buying in, and 5.2 % came from cows with clinical mastitis (Fig. 1).

In 2013, many cows had mastitis; 16.1 % in subclinical form and 10 % in clinical form. There was an improvement in 2014, but still 9.4 % of somatic cell (SCC) samples exceeded 1,000 thousand. ml⁻¹. In the first two years after the herd moved to the new barn (2015 and 2016), the share of milk samples with somatic cell (SCC) below 400 thousand. ml⁻¹ increased by approximately 4%. In the next three years there was a

further gradual improvement in the health of cow udders in the herd. The best results were obtained in 2019: 90.4 % of the samples met the requirements for buying in, and only 3.5% of the samples came from cows with clinical mastitis. Somatic cell (SCC) values obtained in the examined herd in 2019 should be assessed as good one [21, 22]

There are no clear statements in the literature about the superiority of the milking robot compared to conventional solutions in terms of the cytological quality of milk (Fig. 1). [7, 23-26].

Mastitis of the udder is caused by many factors, one of which is high efficiency called “occupational disease of high yielding cows”. This was not confirmed in the examined herd. The improvement of cows udder health and at the same time the significant growth of milk efficiency was noticed (Fig. 2). The reason for the improvement of udder health was the recovery of living conditions, ensuring freedom of movement for animals and also the improvement of hygiene and milking techniques thanks to the milking robot.

3. Characteristics of milking cows in the new barn

The basic indicator characterizing milking is the time interval between successive milkings. In conventional milking solutions (on the stand and in the milking parlour) it is the multiplicity of milking of the technological group or in the whole herd). However, when milking robot is utilized, it is possible to adjust the time intervals between milkings individually. The frequency of milking should be considered as a factor affecting cow welfare and milk yield. This particularly applies to cows with high daily milk yield. The synthesis and accumulation of milk causes a gradual increase in the pressure inside the udder which impedes the flow of blood through the capillaries. An increase in milk pressure in the udder above 25-40 mm Hg causes the break of its production and, consequently, a reduction in productivity. Swollen udder full of milk makes it difficult for the cow to move and rest (deterioration of well-being). Therefore, the increase in milking times is resulted into a rise in milk yield. However, milking in milking parlour is accompanied by a reduction in the smaller feed intake and laying time of cows [27-30]. During milking with a robot, the inconvenience connected with overtaking and waiting for milking disappear. The advantage of milking with a robot is the ability to adjust the period between milking individually.

Table 2. – Number of milk samples tested for the somatic cell count (SCC) in the old and new barn

Number of milk tests in the barn and during one year			
old barn		new barn	
year	number of samples	year	number of samples
2005	249	2015	374
-	-	2016	515
-	-	2017	550
2013	261	2018	521
2014	297	2019	540
Total	807	-	2500

Number of milk samples tested for the somatic cell count (SCC) in the old and new barn.

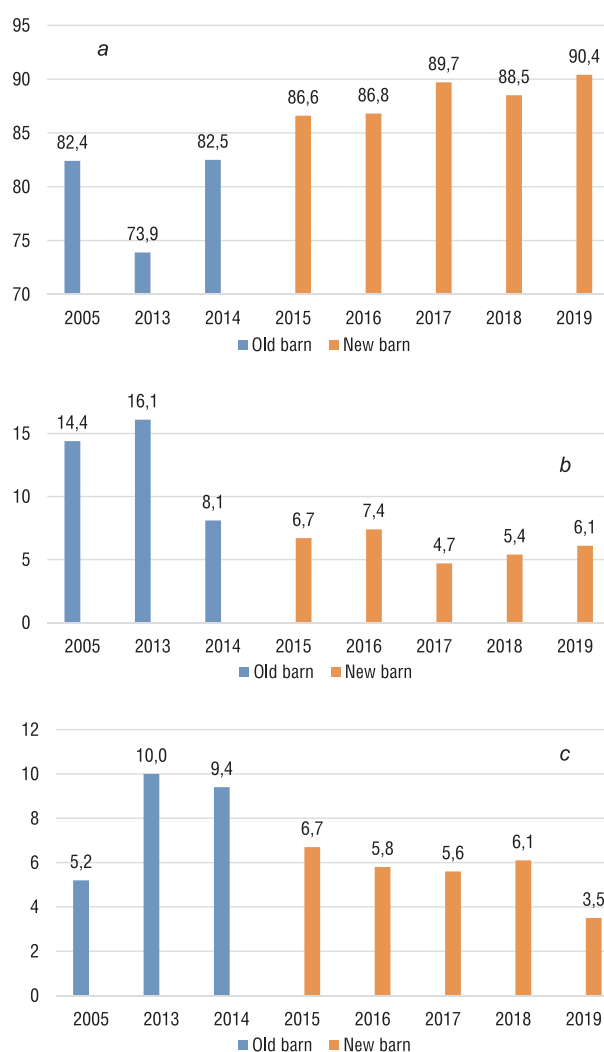


Fig. 1. Dynamics of somatic cell (SCC) changes in milk in a herd of cows in the old barn (in 2005, 2013 and 2014) and in the new barn (in 2015-2019): a) percentage of cows with somatic cell (SCC) content up to 400 thousand in 1 ml; b) percentage of cows with somatic cell (SCC) content from 401 to 1000 thousand in 1 ml; c) percentage of cows with somatic cell (SCC) content 1001 and above in 1 ml

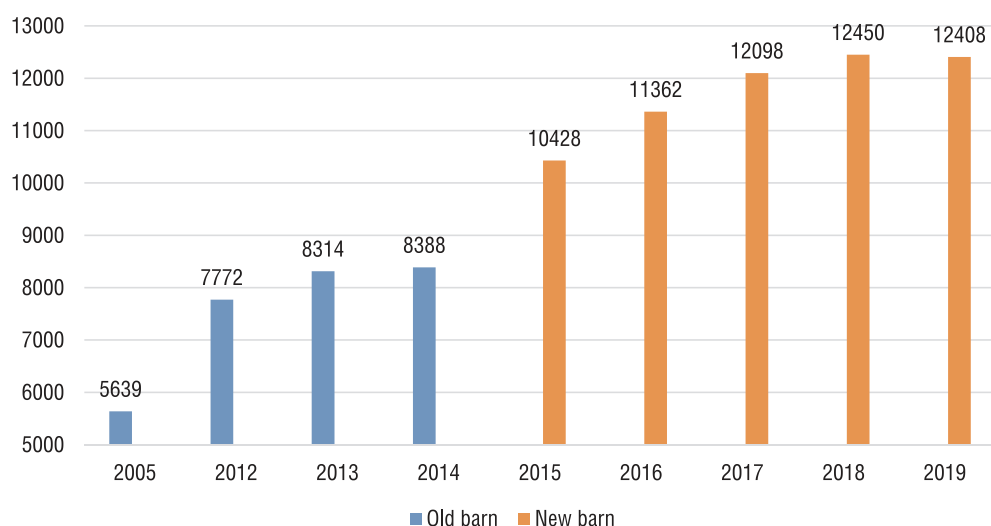


Fig. 2. Average annual yield per cow in the old barn (in 2005 and in 2012-2014) and in the new barn (in 2015–2019).

The development of the indicators of milking in the analyzed barn were presented in the example of randomly selected data from the three consecutive days of August 2019. There were 49 cows with a daily milk capacity of 17 to 67.4 kg at the time of lactation. According to the daily milk yield (Table 3), the distribution of the herd indicates how often they should be milked.

It is assumed that capacity of today cow's udder is approximately 14-15 kg. Milk synthesis slows down and cow comfort deteriorates in the case of a single milking above this value. It is enough to milk 16 cows with a yield up to 29.9 kg twice a day in the case of a current distribution of daily milk yield in the herd (Table 4). 17 cows (with a yield of 30–39.9 kg) should be milked three times, 15 cows (from 40–49.9 kg) should be milked four times, and one cow even more often. The actual milking distribution is presented in Table 4. 7 cows were milked up to twice a day, which is less than it is resulted from milk yield (3 + 13 = 16 heads). On the other hand, 17 cows milked more than three times a day, it means as many as their capacity resulted. Also on the other hand, 17 cows were milked more than three times a day or as much as it was resulted from their yield.

1.7 cow milking with a daily milk yield of 17 kg as well as 5.3 milking with a milk yield of 67.4 kg are extreme cases. The obtained values indicate the correct management of milking frequency.

The more thorough analysis included the frequency of milking taking into account the amount of fresh milk for the whole herd (Table 5) and individual cows (Table 6).

The vast majority of herd milking 73.3 % i.e. up to 15 kg of milk were correct (Table 5). A large share – 20.4 % constituted milking from 15.1 to 19.9 kg. In contrast, the share of milking with a very large amount of milk (20 kg and more) was 6.3 %. In total, abundant milking exceeded 25 %.

While analyzing milking of individual cows, it was noted that milking process was always unqualified in the case of 38 cows (40.9 + 36.7 = 77.6 % of the herd). However, 5 cows (10.2 %) always gave over 20 kg of milking, i.e. they were milked too rarely.

Table 3. – The structure of a herd of cows according to daily milk yield.

Daily milk yield kg	Cows	
	number	%
To 19.9	3	6.1
20.0 – 29.9	13	26.5
30.0 – 39.9	17	34.8
40.0 – 49.9	9	18.4
50.0 – 59.9	6	12.2
≥ 60	1	2.0
Total	49	100

Table 4. – The distribution of frequency of milking of cows.

Number of milkings	Cows	
	Number	%
To 2	7	14.3
2.1-2.5	9	18.4
2.6-3.0	16	21.6
3.1-3.5	9	18.4
3.6-4.0	5	10.2
≥4.1	3	6.1
Total	49	100

The data presented in the Table 5 and Table 6 indicate that approximately 20 % of cows had sporadic or systematic overfilling of the udder. Therefore, the results of milking reports should be systematically analyzed and milking intervals should be corrected on their basis, and if necessary, the cows should be taken to the robot.

4. Milk yield and its chemical quality

The milk yield and chemical quality of milk are the result of all the factors affecting animals, i.e. genetic, nutritional, environmental and operational ones. The analysis of productivity was carried out for the whole herd and taking into account the lactation number.

In the first year of dairy herd inspection - in 2005, the average yield was 5639 kg (Fig. 2), which was about 1 thousand kg less compared to the average domestic population under control. In the last two years of using the old barn (2013 and 2014) milk yield increased significantly to more than 8.3 thousand. kg and it was at the national average in these years. In the first year of operation of the new barn (2015), milk yield increased by over 2,000. kg in comparison with 2014. In the following year (2016) there was a further increase by almost 1 thousand kg, and in the last three years (2017-2019) it was stabilized at a very high level - over 12 thousand kg. For comparison, the average milk yield of the entire cow population in Poland is 5522 kg and under the control of usability is 8298 kg. The presented data illustrate the “jump” in cow production in the new barn. The use of a milking robot which allowed to increase milking times for cows with high daily milk yield was an important factor due to the new better milk production situation.

Along with the increase in the amount of milk, the production of fat and protein increased (Fig. 3). In 2014, the fat yield was 366 kg while in 2019 it increased to 488 kg or 33%. Protein yield increased from 301 kg to 422 kg or 40% in the corresponding period.

The percentage of fat and protein in milk was approximately similar (Fig. 4). The milk fat content was 4.2 % or more when the cows were in the old barn. After the herd had moved to the new barn, it fell significantly from 4.36 % in 2014 to 3.88 % in 2015. In 2016 and 2017 there was a further decline to 3.7 %. The fat content increased again in 2018 and 2019.

Table 5. – Distribution of milking in terms of the amount of milk obtained per milking (data for three days).

Amount of milk per 1 milking kg	Milking	
	Number	%
Do 15	305	73.3
15,1 – 19,9	85	20.4
≥ 20	26	6.3
Total	416	100

Table 6. – Distribution of a herd of cows in terms of milk yield per milking.

No.	Milking characteristics	Cows	
		Number	%
1	Always below 15 kg	20	40.9
2	Up to 15 kg and occasionally up to 20 kg	18	36.7
3	Differentiation - in and above 20 kg	6	12.2
4	Always above 15 kg occasionally above 20 kg	5	10.2
	Total	49	100

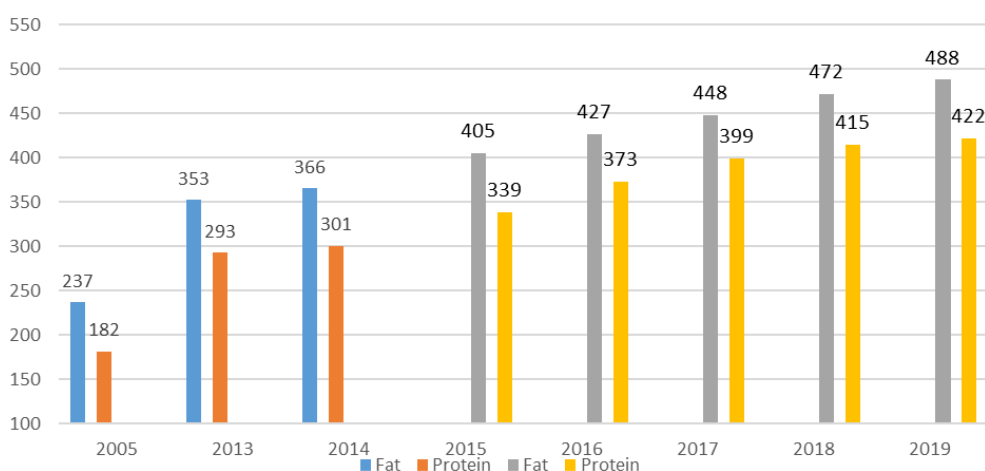


Fig. 3. Annual fat and protein yield in kilograms from cows in the old (in 2005, in 2013-2014) and new barn (in 2015–2019)

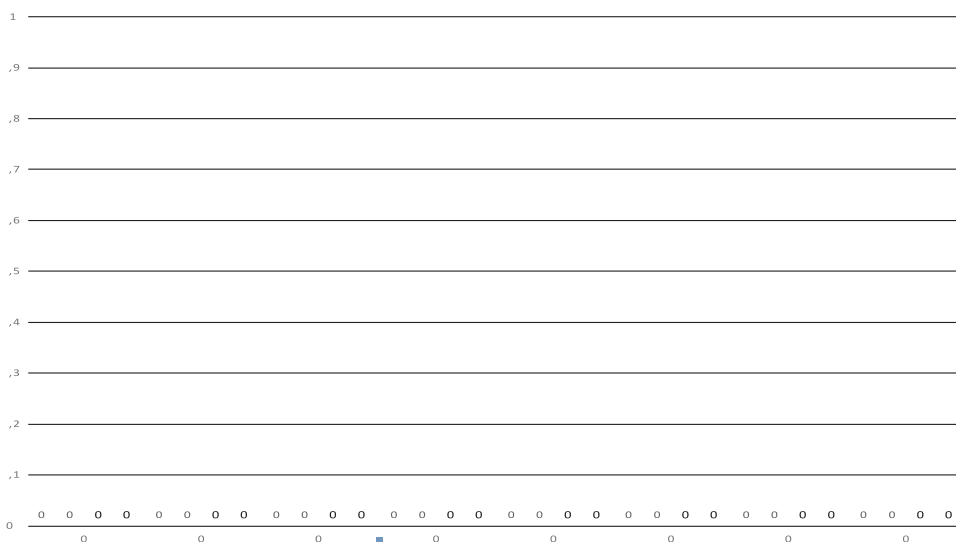


Fig. 4. Average fat and protein content in cow's milk in the old barn (in 2005, in 2013–2014) and the new barn (in 2015–2019)

As a rule, as the milk yield increases the fat content decreases. It took place in the analyzed herd until 2017. The gradual increase in 2018 and 2019 can be explained by the adjustment of feeding to high cow milk yield at a stable level of over 12 thousand kg.

Due to the protein content in milk, three periods can be distinguished; the year 2005 with a low protein content of 3.23 % with low milk yield, the years 2013–2014 with high content of 3.52–3.59% with higher milk yield and the third period in the new barn from the year 2015 with an initial content of 3.25 % followed by a slow, systematic increase to 3.40 % in 2019. The value in 2019 was 0.01 % higher compared to the domestic cow's population. The protein content in milk depends on the feeding of cows in terms of energy intake. Balancing nutrition and milk production occur when the protein content is in the range from 3.2 to 3.6 %. In the case of the analyzed herd it can be assumed that in the years 2013 and 2014 there was overfeeding and in the years 2015–2017 there was deficiency in nutrition in terms of energy intake in the majority of the herd. At the same time the value of 3.40 % in 2019 indicates that most cows in the herd had the balance of the energy level and milk yield.

1. The yield of cows depending on the lactation number

The yield of cows varies depending on the lactation number. The first lactation has the lowest yield. The yield increases in the second lactation while the third one has the highest yield. The yield decreases in subsequent lactations. In the five-year operation period of the new barn (2015–2019) the yield was completed as a standard 305-day lactation for 77 cows in the first lactation, 44 in the second one, 30 in the third one and 19 in the fourth and further lactations. In total, the calculation for 170 lactations were made.

Table 7. – The yield of cows in 305-day lactation depending on lactation number.

Lactation number	Statistical value	Yield – kg			Content in milk %	
		milk	fat	protein	fat	protein
1	\bar{x}	10 077	375	329	3.75	3.29
	sd	1 660	53.5	45.6	0.41	0.20
	v	16,5	14.3	13.9	10.9	6.0
2	\bar{x}	12 735	464	415	3.68	3.27
	sd	1 901	49.4	49.6	0.41	0.20
	v	14,9	10.6	11.9	11.2	6.1
3	\bar{x}	13 607	507	436	3.74	3.21
	sd	1 862	69.7	61.1	0.32	0.18
	v	13,7	13.7	14.0	8.5	5.8
4	\bar{x}	12 057	468	386	3.88	3.21
	sd	2 000	78.8	65.1	0.37	0.17
	v	16.6	16.8	16.8	9.5	5.3

The basic characteristics of the yield of cows depending on the lactation number are presented in Table 7.

The average yield in the case of primiparous cows was 10,077 kg of milk. There was quite a large individual variation, which was reflected in the coefficient of variation – 16.5 %. Individual variability ranged from 7044 kg to 14,435 kg. The median was in the range from 9 to 10 thousand kg, in which there were 23.4 % of cows and the distribution of milk yield was close to normal. The average yield in the second lactation was 12,735 kg – it was about 25 % higher in compari-

son with the first one. There was a further increase in milk yield by about 10 % in the third lactation and a decrease in efficiency by about 15 % was noted in the fourth and further lactations in relation to the maximum milk yield in the third lactation.

The obtained milk yield is significantly higher in comparison with the domestic cattle population under functional control. It is noteworthy to mention that there was a large increase in milk yield in subsequent lactations. The fat and protein content in milk varied slightly between lactations. The difference for fat was 0.2 % and for protein 0.08 %. In contrast, the yield of kg of fat and protein depended mainly on the amount of milk milked. Such good production results are thanks to all elements, such as cattle genetics, food dose, care and robot milking.

6. Uniformity of milk production from the barn throughout the year

Due to the supply of the country's population with dairy products, uniform milk production is desirable throughout the year. Uniform milk production at farm level can be achieved through the same feeding and distribution of calving. All-year PMR diet based on corn silage and hay silage was used in the analyzed farm. On the other hand, the distribution of calving affects both the number of cash cows and their daily milk yield. Table 8 presents the range of variability of basic indicators characterizing production uniformity. The analysis started from 2017 when there was the stabilization of herd size.

There were 46 calving in 2017, 48 ones in 2018 and 52 calving in 2019. There were calving each month and each year, but their distribution was always different from 1 or 2 to 7–10. This had an impact on the diversity of the number of cash cows; the lowest number of cows 43 was in 2018, and the most 55 ones in 2019. It should be noted that the robot was under loaded all the time.

Significant variability was noted on the average day of lactation. The difference between the extreme values in 2017 was 112 days. It was much smaller in 2018 – 51 days and in 2019 – 43 days. The average day of lactation should be about 210 days in the case of a 420-day interval between calving's which was recorded recently in the country. The closest values to this average were recorded in 2019 (min. 190 days and max. 233 days). The minimum average daily milk yield was the lowest in 2017 – 32.6 kg, it increased up to 34.6 kg in 2018 and to up 36.7 kg (4.1 kg difference) in 2019. However, the maximum average milk yield stabilized at the level of about 40 kg (in 2018 – 40.3 and in 2019 – 39.6 kg, the difference is only 0.7 kg). Daily milk production from the barn is the quotient of the number of cows in the lactation phase and the average yield per head. The range of extreme values was the largest in 2017. In 2019, the extreme deviations was about 400 kg or a difference of approximately 10 cows.

Table 8. – Basic indicators characterizing the uniformity of herd production in 2017–2019.

Specification	Unit	Value	Value of the year		
			2017	2018	2019
Number of calves per month	specimen	min	1	2	2
		maks.	7	7	10
Number of milked cows	specimen	min	47	43	44
		maks.	53	51	55
Average day of lactation	day	min	138	194	190
		maks.	250	245	233
Average milk yield per cow	kg/day	min	32.6	34.6	36.7
		maks.	40.0	40.3	39.6
Daily milk production by the herd	kg/day	min	1532	1650	1637
		maks.	2004	1887	2046

Conclusions

The analysis allows to conclude that in the examined barn:

Good welfare conditions for cows were provided, as evidenced by:

- extending period of use and increased life efficiency of cows,
- high cytological quality of milk,
- high share of milking 80% with a yield of up to 15 kg.

The herd was well managed because

- high milk yield was obtained in the years 2017–2019 above 12 ,000 kg,
- the increase in milk yield in the subsequent lactations took place
- milk production was quite uniform within one year

The purpose is to:

- increase cow population because the milking robot was underloaded,
- ensure a more even distribution of calving within one year.

The average annual milk yield in 2017-2019 exceeded 40 thousand kg.

In 2019 the cytological quality of milk gradually improved in subsequent years: there were 90.4% of milk samples with the number of somatic cells (SSC) ml⁻¹ less than 400,000 ml⁻¹ and only 3.5% of samples with SSC over 1000 ml⁻¹.

Average lifetime of cows under control in the year 2018 was 3.0 years. Positive changes in the life efficiency of culling cows took place: it was below 20,000 kg in 2015-2016 while in 2019 it exceeded 40,000 kg of milk. The national average for the PHF-HO breed in 2018 was just over 23,000 kg.

The percentage of fat and protein content in milk were stabilized with time of a new barn activity.

The advantage of milking with a robot is the ability to adjust the period between milking individually.

The improvement of cows udder health and at the same time the significant growth of milk efficiency was noticed.

All above advantages could be introduced to the other farmers, who provide milk production as a good agriculture practice.

Acknowledgments

Financial support was received from National Center for Research and Development;

No. of agreement: BIOSTRATEG1/269056/5/NCBR/2015 11.08.2015, Interdisciplinary research on improving energy efficiency and increasing the share of renewable energy sources in the energy balance of Polish agriculture, BIOGAS&EE.

References

- [1] National Polish Statistic Office (NPS). Local databases 2019, <https://bdl.stat.gov.pl/BDL> (in Polish).
- [2] Wendl G. Elektronikeinsatz in der Rinderhaltung von Identifizierung bis zur Automatisierung. *FAT Taenikon* 1998, 47, 101-112 (in German).
- [3] Winnicki S., Jugowar J.L., Głowicka-Wołozyn R. Efficiency of using a Milking robot for cows. *Inżynieria Rolnicza*, 2010, 2(120), 279–284 (in Polish).
- [4] Moebius J., Mehrboxen. System. *Neue Landwirtschaft*, 2012, 2, 76–77 (in German).
- [5] Rushen A.M.B., Passillé A.M.B., Munksgaard L. Fear of people by cows and effects on milk yield, behavior, and heart rate at milking. *J. Dairy Sci.*, 1999 82, 720–727, [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75289-6](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75289-6).
- [6] Hogeveen H., Ouweltjes W., Koning C.J.A.M., Stelwagen K. Milking interval, milk production and milk flow-rate in an automatic milking system *Livest. Prod. Sci.*, 2001, 72, 157–167. [http://dx.doi.org/S0301-6226\(01\)00276-7](http://dx.doi.org/S0301-6226(01)00276-7).
- [7] Svennersten-Sjaunja K.M., Pettersson G. Pros and cons of automatic milking in Europe. *J. Dairy Sci.*, 2008, 86, 1, 37–46. <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2007-0527>.
- [8] Hale S.A., Capuco A.V., Erdman R.A. Milk yield and mammary growth effects due to increased milking frequency during early lactation. *J. Dairy Sci.*, 2003, 86 2061-2071.
- [9] Dahl G.E., Wallac R.L., Shanks R.D., Lueking D. Hot topic: Effects of frequent milking in early lactation on milk yield and udder health. *J. Dairy Sci.*, 2004, 87, pp. 882-885, [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73232-4](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73232-4).
- [10] Koning Y, K., Meijering A. Automatic milking experience and development in Europe *Proc. First N. Am. Conf. on Robotic Milking*, Toronto, Canada, Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands 2002, II–111
- [11] Wagner-Storch A.M., Palmer R.W. Feeding behavior, milking behavior, and milk yields of cows milked in a parlor versus an automatic milking system. *J. Dairy Sci.*, 2003, 86, 1494-1502, [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73735-7](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73735-7).
- [12] Wade K.M., Asseldonk M.A.P.M., Berentsen P.B.M., Ouweltjes W., Hogeveen H. Economic efficiency of automatic milking systems with specific emphasis on increases in milk production. A. Meijering, H. Hogeveen, C.J.A.M. de Koning (Eds.), *Automatic Milking—A Better Understanding*, Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands 2004., 62-67.
- [13] Melin M., Svennersten-Sjaunja K., Wiktorsson H. Feeding patterns and performance of cows in controlled cow traffic in automatic milking systems. *J. Dairy Sci.*, 2005, 88, 3913-3922, [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)73077-0](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)73077-0).
- [14] Løvendahl P., Chagunda M.M.G. Covariance among milking frequency, milk yield, and milk composition from automatically milked cows. *J. Dairy Sci.*, 2011, 94, 5381-5392, <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2010-3589>.
- [15] Hamann J. Relationship between somatic cell count and milk composition *Bull. Int. Dairy Fed.*, 2002, 372, 56-59.
- [16] Klungel G.H., Slaghuis B.A., Hogeveen H. The effect of the introduction of automatic milking systems on milk quality. *J. Dairy Sci.*, 2000, 83, 1998-2003, [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75077-6](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75077-6).
- [17] Kruip T.A.M., Morice, Robert M., Ouweltjes W. Robotic milking and its effect on fertility and cell counts. *J. Dairy Sci.*, 2002, 85, 2576-2581, [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74341-5](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74341-5).
- [18] Hovinen M., Rasmussen M.D., Pyörälä S. Udder health of cows changing from tie stalls or free stalls with conventional milking to free stalls with either conventional or automatic milking. *J. Dairy Sci.*, 2009, 92, 3696-3703, <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2008-1962>.
- [19] Anacker G. Letztenendes zahlt die lebenseffektivitaet. *Neue Landwirtschaft* 2007, 7, 60–63 (in German).

- [20] Rudolphi B. Stark bis ins Alter. *Neue Landwirtschaft* 2011, 5, 68–71 (in German).
- [21] Kroemker V., Friedrich F. Recommendation for diagnostic measures regarding mastitis control on herd level. *Der Praktische Tierarzt* 2011, 92, 516–524 (in German).
- [22] Sontheimer A. (Un) heimlich krank. *Neue Landwirtschaft* 2011, 3, 74-76 (in German).
- [23] Veauthier G. Das Management ist noch wichtiger als beim Melkstand. *Top agrar* 1999, 2, R16-21 (in German).
- [24] Kaufmann R., Ammann H., Hilty R., Nosal D., Schick M. Automatisches Melken, *FAT Berichte* 2001, Nr 579 (in German).
- [25] Novinen M., Rasmussen M.D, Pyörälä S. Udder health of cows changing from tie stalls or free stalls with conventional milking to free stalls with either conventional or automatic milking. *J. Dairy Sci.*, 2009, 92:3696–3703.
- [26] Peters-Sengers R. Automatic milking systems as a risk factor for intrammary infections caused by environmental pathogens. *J. Dairy Sci.*, 2014, 93, 4019-4033.
- [27] Kanswohl N., Burgstaler J., Herold J., Sanftleben P. Viermaliges Melken beeinflusst Tierverhalten ungunstig. *Neue Landwirtschaft* 2008, 62-64 (in German).
- [28] Leopold S. Noch einen Gang hochschalten – Viermal melken. *Neue Landwirtschaft* 2010, 6, 66.
- [29] Schleitzer G. Erleichterung fuer die Kuh, stress fuer den Melker? *Neue Landwirtschaft*, 2000, 5, 60-64 (in German).
- [30] Winnicki S., Tomala A., Copik A., Głowicka R., Nawrocki L. Organization of milking on the farm and threats to the well-being of cows. *Annual. Sciences. Zoot.*, 2005, 32, 119–127.

Kamila Mazur, Kinga Borek, Marek Kierończyk

*Institute of Technology and Life Sciences
e-mail: k.mazur@itep.edu.pl*

DEVELOPMENT OF ENVIRONMENTAL CONDITIONS IN LIVESTOCK BUILDINGS AND INFRASTRUCTURE ELEMENTS

Abstract: This paper reviews the microclimate factors and ways of their development. It was showed the recommended values of the physical and chemical values occurring in buildings for cattle: temperature and relative humidity of the air, the concentration of harmful gases (ammonia, carbon dioxide, hydrogen sulfide), light intensity, air exchange, air velocity and dust. Many kinds of equipment, technical solutions in buildings as well as microbial, photogenic and mineral additives to bedding and/or feed that insignificant range reduce the concentration of harmful gases, odors and dust emissions, regulate temperature, humidity and light intensity were described. The recommended speed of air movement in buildings for cattle is $0,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ in winter and $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ in the summer. In conditions of air traffic stagnation, which is when the temperature inside and outside livestock building is balanced, air mixers are used. It is recommended for livestock buildings NH_3 concentration not higher than 20 ppm and the CO_2 concentration not higher than 3000 ppm for calves, in particular [Regulation 2010]. Cattle tolerates air temperature from $-10 \text{ }^\circ\text{C}$ to $25 \text{ }^\circ\text{C}$ well but is recommend, a temperature of about $4\text{--}16 \text{ }^\circ\text{C}$. Above $30 \text{ }^\circ\text{C}$ milk yield is reduced by 20 %. The recommended relative humidity is 60 %, but it is advisable not to exceed 80 %, because, above this value, heat stress can occur when accompanied by high temperature. Effective, according to western European researches are also air cooling panels with heat recovery. The basis to ensure proper microclimate cattle is ensuring adequate ventilation namely exchange of exhausted air for fresh air. Therefore gravitational ventilation, types of inflows and outflows, as well as mechanical ventilation were characterized. Modern solutions are in the form of regulated air curtains, the exhaust is as adjustable (manually or automatically) the roof ridge gap.

Keywords: microclimate, natural ventilation, ammonia emissions reduction, cattle.

Камила Мазур, Кинга Борек, Марек Керончук

*Институт технологий и наук о жизни
e-mail: k.mazur@itep.edu.pl*

РАЗВИТИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И ЭЛЕМЕНТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ ПОМЕЩЕНИЙ ДЛЯ ЖИВОТНОВОДСТВА

Аннотация: В статье рассматриваются факторы и пути их развития. Приведены рекомендуемые значения физических и химических показателей, встречающихся в помещениях для крупного рогатого скота: температура, влажность воздуха, концентрация вредных газов (аммиак, углекислый газ, сероводород), воздухообмен, скорость воздуха и количество пыли. Описаны виды оборудования, технические решения задач по обслуживанию крупного рогатого скота, а также септические минеральные добавки к кормам и подстилкам, которые в значительной степени влияют на снижение концентрации вредных газов, запахов, выбросов пыли; регулируют температуру и влажность в помещении, где содержится стадо; контролируют интенсивность освещения. Регулируемая скорость движения воздуха в помещениях крупного рогатого скота составляет 0,3 метра в секунду зимой и 0,5 – летом. В условиях стагнации воздушного движения, температура внутри и снаружи уравнивается, что приводит к скоплению вредных газов и запахов в коровнике. Для устранения проблемы применяются смесители воздуха. В помещениях для скота рекомендуется концентрация NH_3 не выше 20 ppm и концентрация CO_2 не выше 3000 ppm для телят, в частности [Регламент 2010]. Крупный рогатый скот хорошо переносит температуру воздуха от $-10 \text{ }^\circ\text{C}$ до $25 \text{ }^\circ\text{C}$, но рекомендуется температура в диапазоне $4\text{--}16 \text{ }^\circ\text{C}$. При температуре выше $30 \text{ }^\circ\text{C}$ надой молока снижаются на 20 %. Рекомендуемая относительная влажность составляет 60–80 %, но не выше, потому может возникнуть тепловой стресс, на фоне высокой температуры. Эффективными, согласно западноевропейским исследованиям, являются также панели воздушного охлаждения с рекуперацией тепла. Основой для обеспечения правильного микроклимата для скота является обеспечение соответствующей вентиляции, а именно обмен отработанного воздуха на свежий. Поэтому была охарактеризована

гравитационная вентиляция, типы притоков и оттоков, а также механическая вентиляция. Современные решения – это регулируемые воздушные завесы, вытяжка которых регулируется (вручную или автоматически) зазором конька крыши.

Ключевые слова: микроклимат, естественная вентиляция, снижение выбросов аммиака, крупный рогатый скот.

INTRODUCTION

Livestock buildings are places, in which animals (cattle, pigs, poultry, sheep, horses) spend most of their lives. They provide protection from the adverse effects of climate but should also provide adequate living conditions, in accordance with animal welfare requirements. When regarding law regulations, there should be conditions described in the regulation of the Ministry of Agriculture and Rural Development [Regulation 2010]. This regulation is a matter of minimum conditions maintaining housing livestock species, different from these, for which protection norms in EU regulations were described. According to this Regulation microclimatic parameters (air circulation, level of dust, temperature and relative humidity of air and concentrations of harmful gases) should be maintained on level harmless for animals.

Besides, the Act for Animal Protection in article 12 commits everybody, who keeps livestock animals to providing the care and proper existence conditions [Law 1997].

The microclimate of rooms it is a set of physical factors (temperature and humidity of the air, light), chemical (gaseous pollutants such as carbon dioxide, hydrogen sulfide, ammonia, etc.) and biological (pathogens and parasites) from inside the building. Animals emit significant quantities of heat, water vapour and noxious gases: mainly methane, carbon dioxide, nitrogen contained in the urine, and in the undigested protein in feces. Besides, activities such as putting feed, bedding, are a source of dust as well as noise.

Temperature

Cattle have well thermoregulation in the temperature range from 10 °C to +25 °C. The increase of temperature above 25 °C causes a decrease in milk yield which was a consequence of thermal shock [Daniel Z. 2008]. The comfortable temperature for cattle ranges from –7 °C do 18 °C, by relative humidity form 60 to 80 %. For dairy cows in the lactation, the phase is non-significant higher and ranges from +4 °C to 16 °C, depending on the humidity of the air. By temperature above 22 °C worsens feed efficiency and the rumination is weakened. Above 30 °C milk yield decreases by 20 % and accompanies it increased the number of somatic cells in milk [Jaśkowski et al. 2005 following by Lautner; Miller 2003]. Ngwabie tested the dependence of ammonia and methane emissions from the temperature inside the barns in different housing systems, observing positive, highly significant dependence between these factors (coefficient $r = 0,66$) [Ngwabie et al. 2011].

Ensuring proper ambient temperature is possible by proper ventilation rate, whereas in periods of hot weather the innovative solution could be described by Gates and Panagakis methods of misting of air in buildings [Gates 1991, Panagakis 1996].

Relative humidity of the air

It is recommended humidity in buildings for cattle between 60 % and 80 %. High relative humidity disables animals' heat transfer by vaporizing from body surface [West 2003].

Low air exchange rate causes, that the air remains polluted and is with high water vapour content, which causes multiplication and spreading of environmental bacteria, viruses and fungi and in a result the diseases (skin, respiratory, arthritis, mastitis) and the decrease in milk yield. It may increase the need for bedding materials because it is difficult to keep it dry.

The dangerous phenomenon in livestock building is heat stress. It takes place when high air temperature (above 25 °C) is together with high air humidity- above 80 %. Then animals could not transfer heat by skin to the ambient and overheat. The ways preventing of heat stress are as follows: air mixers, ground and air heat exchangers by using of the phenomenon of heat recovery from ventilation air by an underground system of exchangers. Decreasing of humidity in the air could be obtained by drying of litter.

Air exchange

The aim of ventilation is to ensure proper microclimate by removing air used and supplying fresh air with sufficient volume. Airstream should be directed to the animal living zone. Table 1 shows the recommended values of the air exchange rate for cattle.

There is natural (self-acting, gravitational) and mechanical (forced) ventilation. It is recommended the use of natural ventilation in buildings for cattle. Properly solved gravitational ventilation requires the fitting of a suitable size inlet and outlet openings. Too small inlet or outlet openings may result in insufficient air exchange, which leads to an increase in temperature, humidity, concentrations of harmful gases, dust content than permitted norms. Ngwabie et al. observed a decrease in cow activity by low values of air exchange [Ngwabie et al. 2011].

Table 1. – Recommended air exchange rate in livestock buildings for cattle

Category of animal	Air exchange rate $\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{LU}^{-1}$	
	winter	summer
Dairy cows	90	350-400
Calves in prophylactic room	20	80
Calves up to 6 months	20	80-120
Heifers above 6 months	60	250

Source: Instytut Zootechniki, Romaniuk, Overby 2005

Air movement velocity

Calves are especially sensitive on drafts, therefore, while designing a barn, note the location of the pens for the animals, therefore, while designing a barn, it should take into account the location of pens for these animals. The height of the location of air inlet openings should be as planned so that entering for example in winter season cold air from outside wouldn't blow around directly on backs of cattle. It is recommended the height of location these openings 1,6 m from floor level, which protects cattle before drafts. The recommended air movement velocity is in winter $0,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ and $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ in summer. In the summer season, during warmness in cattle barns with natural ventilation air mixers are used. They force air movement in the case when there is not enough difference between the temperature inside and outside the livestock building. It is the recommended vertical location of mixers with a light slant.

Natural ventilation

by natural ventilation for forcing of air movement two physical phenomena of gravity and deflection are used. By gravitation, the air including this exhaled, contains much water vapour, carbon dioxide and as warmer and lighter floats upwards. It gets out outside of the building through openings in a ceiling. Instead of it, the fresh air from outside gets in through inlet openings.

Deflection is creating of underpressure by wind, which pulls air out of holes protruding above the roof. Many factors determine the efficiency of natural ventilation:

- difference between the temperature inside and outside of the building- a minimum of difference is 5°C , the highest it is, the highest difference in air mass and the larger its movement,
- distance between the inlet and the air outlet; the higher it is, the faster is the movement of air in the exhausting channels,
- the ratio of the area of inlet and outlet openings- should be as 1:1,
- terrain, the presence of trees, other buildings having an impact on the speed of the wind,
- the shape of the roof, best for ventilation is a gable roof with a slope $16\text{--}20^\circ\text{C}$.

Types of air inlets

Air inlets through windows or gaps made after dropping the curtains. Necessarily is mounting of windows, which can be open, with the option of opened area regulation.

Curtains can be rolling or sliding. Automatic curtains can be opened in the top, bottom or top-bottom. There are solutions for higher and longer buildings on the market. They can be even 4,6 m height and even 100 m length. Steerage could be in 3 variants:

- manual operation (catenary or crank),
- an electric drive by parget switch,
- full automatic steered by temperature, wind and rain sensors.

There are solutions with remote control using information sent from the mobile phone.

Grid draft shields are used first of all in buildings- sheds for beef cattle but also in barns for dairy cattle.

Types of air outlets

Many parts of cattle barns in Poland are tied-up barns, but nowadays the most popular for building new barns is the free-stall housing system. In barns of the old type, the most common solution was the garret ceiling. Then, the air outlet was as the vertical channels with a circular or rectangular cross-section. Walls of these channels should be insulated.

In modern barns, it is used air outlet as openings in the roof as roof ridge-gap. The area of these gaps should be regulated with the dependence of needs, but yet it could be manual or automatic by the use of temperature, humidity, and wind sensors.

Mechanical ventilation

Mechanical ventilation bases on forced air movements by ventilators. There is overpressured ventilation (fans are placed in inlet openings), underpressure ventilation (fans are placed in outlet openings), and balanced (fans are placed both in inlet and outlet openings). In cattle barns, in contrast to piggeries and poultry houses, mechanical ventilation is becoming less common due to the change in building construction and high investment and exploitation costs.

Mechanical ventilation is used mainly in a tied-up housing system, where maintaining microclimate parameters in a natural way is impossible. Council Directive 98/58/ECC and Council Directive 91/629/ECC order to set in cattle barns additionally emergency ventilation system and alarming system audible or visual, switching on in case of breakdown of ventilation.

Harmful gases and other emissions

Animal production is the main source of air pollution. Hartung and Philips[1994] indicated, that in the air inside livestock building there are over a hundred gaseous elements, which are getting out from the building outlet openings [Burton and Turner 2003]. Cattle breeding is a source of significant methane, nitrogen compounds, and carbon dioxide emissions.

Carbon dioxide. In animal production, the exhaled air is the main carbon dioxide source. The other sources this gas are also urine (after decomposition of urea to ammonia and carbon dioxide) and oxidation and digestion of organic substances, therefore the source of CO₂ could be remaining feed not eaten on feed table. Carbon dioxide concentration in livestock rooms is not steady. CO₂ in a mixture of hot and supersaturated by water vapor exhaled air, rises upwards, therefore its the greatest amounts are observed under the ceiling and, the lowest - by the floor.

In research conducted by Jeppsson, the use as a litter long straw in cattle barn caused significantly greater carbon dioxide emission than by chaffed straw. The supplement to the straw of peat significantly reduced carbon dioxide emissions. Significant lower carbon dioxide was observed by wooden shavings bedding. Chemical additives had not a significant influence on carbon dioxide and water vapor emissions [Jeppsson 2000].

Ammonia. Ammonia is a colorless gas, easily sensing, with a pungent odour and has a strong affinity for water. It is lighter than air, but continuous releasing from floors causes, that the greatest highest concentrations are observed in the living area of animals.

Ammonia is formed from undigested protein (undigested remained plant) located in the faeces, through the influence of anaerobic bacteria, as well as the urea contained in the urine [Kořla T. 2001]. Nitrogen not used by organism in the protein metabolism is excreted as urea (an amide of carbon acid CO(NH₂)₂) contained in the urine.

Urea, by using the urease enzyme is processed by the aerobic bacteria to the ammonium carbonate. Urololytic bacteria produce urease enzyme which stimulates decomposition of urea to ammonia. This compound is unstable in air and decomposes into ammonia and carbon dioxide. However, hydrolytic decomposition of urea (ammonification) is present in the slurry, or on the surface pured with manure.

Even short-term leaving urine on the surface floors, on the pasture or on the fields, is combined with significant emission of ammonia [Sapek 1995].

Table 2 contains the set of methods of reducing ammonia emissions according to foreign literature.

Appropriate solutions can help reduce NH₃ emissions. They include:

- frequent removal of fertilizers, cleaning, efficient discharging, the choose litter type;
- accuracy of the work of manure scrapers;
- well-balanced feeding ration without excess protein;
- microbial feed additives- they are used preparations containing live or dead microorganisms, most frequently natural strains of bacteria or yeast.

They are three types of yeast preparations: live cells, dried yeast and brewed or metabolites.

There are three types of preparations of yeast: live cell, and brewer's dried yeast (as waste from the brewing industry), or metabolites. They stimulate the breakdown of feed in the rumen, ensuring high and stable milk yield and health. The increase in the propionic acid content improves the distribution of fibers contained in the forage.

Hydrogen sulphide (H₂S) is produced in a digestion process of the remaining undigested protein secreted in the feces. Hydrogen sulfide is a toxic gas and its concentration of 50 ppm is a serious threat to animal health. It is recommended that the concentration of hydrogen sulfide was not more than 0.5 ppm, it may be a temporary increase in the concentration to 5 ppm during manure removal.

Dust. Dust should be kept as low as possible [Regulation MARD 2010] In the livestock buildings, the dust emission should be less than 120 mg/m³ (24 hours) and less than 50 mg/m³ (average per year) [Regulation of the Minister of Environment from 24th August 2012 on the levels of certain substances in the air [Dz. U. 2012 r., position. 1031].

Odours. The odour is closely in connection with the presence of the palpable smell of chemicals, that should be maintained at the recommended level.

17 % of the total odour emissions come from animal husbandry. It is estimated, that in the environment of the barn is about 136 compounds and substances responsible to the emission of odour.

The need to protect the environment, including air quality law describes Environmental Protection Law [2002] Dz.U. 2001, No. 62 item. 627) Anti-odour Law in Poland is still under elaboration. According to the Regulation of Council of Ministers from 9 November 2010, the owners of the industrial animal farms (more than 210 LU (Livestock Units) significantly affecting and over 60 LU potentially affecting the environment) should pay fees for use of the environment.

Methods of reduction of emissions

Natural bacteria-microbial preparations, the Lactobacillus, and Bacillus by secreting enzymes improve the digestibility of protein in the feed;

- phytogenic feed additives (tannins, essential oils, organic acids, terpenes, alkaloids, flavonoids, saponins, phytosterols) aiding digestion. Saponins, are i.a. in Yucca Schidigera, which grows in Mexico [Mroczek 2006].

- additions to the litter and manure: Accessories bacteria producing organic acids that bind ammonia salt stopping it in the litter (zeolites, humic materials such as coal, lignite, peat). More popular are becoming additives that while draining mulch [Heber et al.2000]:

- technical solutions in buildings by reducing to a minimum floor area of the slot;
- air-spray fogging synchronized with periods of feeding, which also effectively reduces the amount of dust and ammonia in the air [Eigenberg et al. 2002],

Daily uptake, transport, and distribution of silage also cause the release of odors, which are caused by nitrogen gases [Pankowski 2002]. One way to reduce emissions of harmful gases can be pushing the remains of feed. Feeding pushers- robots pushing feed on the feeding table are used for this purpose.

Table 2. – Ways of ammonia emissions reducing in % comparing with slatted floors

Measure		Process involved	Control factor	max % reduction	Authors
Feeding strategies		urine and faeces production	urea concentration	39	Smits et al.1997
Slurry handling	* flushing with water	enzymatic conversion	urea concentration	17	Ogink& Kroodsma 1996
	* formaldehyde flushing	enzymatic conversion	urease activity	50	Ogink et al.1996
	* slurry acidification + additionally flushing slats with acidified slurry	dissociation dissociation	pH pH	37 60	Bleijenberg et al. 1995 Kroodsma & Ogink 1999
* Floor systems v – shaped floors		air exchange/ volatilisation	air velocity	52	Swierstra et al. 1995
	+ flushing with water	enzymatic conversion	urea concentration	65	Braam et al. 1997
	+ formaldehyde flushing	enzymatic conversion	urease activity	80	Bleijenberg et al. 1995
* Housing systems reduced slatted floor area		volatilisation	emitting area of floor/pit	10	Metz et al.1995
* tie-stall		volatilisation	emitting area of floor/pit	28	Metz et al. 1995

Source: Monteny G.J.2000

They are known indirect and direct methods of reducing odours Indirect methods are for example feeding methods leading to improved digestibility of the feed aiming to reduce the excretion of nitrogen. This nitrogen undergoes biochemical transformations and is decomposed into ammonia.

Direct methods:

- quartz-mercury lamp emitting UVC rays having a fungicidal and bactericidal effect and reducing ammonia in litter and the air,
- negative air ionization-bactericidal and fungicidal, strengthening immunity by increasing capillary tissue activity which contributes to a better expulsion of dust, improve wound healing,
- ozonisation,
- special mechanical ventilation -manure fertilisers conveyors drying manure,
- zoo-technical methods: maintaining sufficient moisture of litter, through appropriate bedding material such as straw, wood chips, sawdust, miscanthus,

Odor nuisance can be minimized through the use of biofilters.

Biofilters

In KTBL publication Hahne [Hahne 2006] presents technical construction assumptions and exploitation of various types of filtering devices. The use of bio-based filter according to Eymontt [2000] at the outlet openings for air from livestock buildings, results in a reduction of 90-100 % of ammonia and other gas emissions. Attention was given to the effect of external temperature on the temperature of the filter. The air cleaned in the biofilter can be partially or totally recycled to the building without heat losses to the atmosphere. Filter cartridge was pine bark with pH = 6,5-8,5, but simultaneously the scope was limited to 7,5-8 by adding dolomite deposits. Also, ammonia-reducing bacteria from the litter was added to the content.

Bio-flush/biofilter spray

The filter material is compressed paper. Paper “pad” is sprayed with water, which provides a large surface area for the bacteria, trapping particles emitting substances passing through the odour filter.

Some of the water used for irrigation is re-used, and the most “dirty water “ goes to the slurry tank and then is used to fertilize the plants. According to Hansen [2003], German producers also use sulfuric acid to increase the effectiveness of the device for ammonia emissions reduction.

Acid Treatment

It is possible to build a modular air treatment plant, where the air is washed with dilute sulfuric acid already in the chimney vent. This helps to avoid the accumulation of air in channels and exhausting it out of the building for livestock. Such an air treatment plant can remove up to 90 % of ammonia and about 50-65 % of odour from the air [Hansen, 2003].

Also, slurry acidification “in-house “ is one of the possible ways to reduce ammonia emissions.

Sulphuric acid of high concentration (95-98 %) is dosed outside of livestock building in the process tank to pH 5.5 and returned back into piggery or cattle barn [www.balticslurry.eu, Mazur K. 2017, Mazur&Kierończyk 2019].

Nano-preparations

Jugowar, Myczko, Kołodziejczyk [2006] presented the results of laboratory tests on the use of nano-preparations containing silver, silicon, and titanium particles. Their specific catalytic properties allow for the effect of the reduction of harmful gases in livestock buildings.

Bibliography

1. Regulation 2010, Ministry of Agriculture and Rural Development, Regulation from 28th June, in a matter of minimum requirements for conditions for maintaining livestock species, Dz. U. Nr 116, poz. 778
2. Law for Animal protection 1997.Dz. U. 1997, nr 111 poz. 724
3. Daniel Z. 2008. Wpływ mikroklimatu obory na mleczność krów, *Inżynieria Rolnicza* 9(107), p. 67–73
4. Jaśkowski J. M., Urbaniak K., Olechnowicz J. 2005. Stres cieplny u krów – zaburzenia płodności i ich profilaktyka, *Życie Weterynaryjne*, nr 80(1), p. 18-21
5. Ngwabwe, N.M.; Jeppsson, K. H.; Gustafsson, G.; Nimmermark, S. 2011. Effects of animal activity and air temperature on methane and ammonia emissions from a naturally ventilated building for dairy cows, *Atmospheric Environment Volume: 45*, Issue: 37, December 2011, p. 6760–6768
6. Gates J.K, Huber K., Finch A., Pedersen A.J. 1991. Thermal Comfort in Animal Breeding Systems *Trans. ASAE*, Vol 36 (2). p.2731-2740
7. Panagakis, G., 1996. Air cooling by mist spray techniques. *J. Agric. Engineering Research* 64, p. 59–77
8. Romaniuk W. Overby T. 2005 k, *Housing systems for cattle*. Handbook; Collective work Skejby, Duńskie Służby Doradztwa Rolniczego, Warszawa IBMER (in Polish)
9. West J.W. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 86, p. 2131–2144
10. Instytut Zootechniki 1977, *Karty informacyjne dla założeń technologicznych produkcji zwierzęcej*
11. Council Directive 98/58/ECC
12. Council Directive 91/629/ECC
13. Environmental Protection Law, Dz.U. 2001, No. 62 item. 627
14. Hartung, J., V. R. Phillips 1994, Control of gaseous emissions from livestock buildings and manure stores. *J. agric. Engng. Res.* 57, 173–189
15. Burton C.H., Turner C. 2003. *Manure Management: Treatment Strategies for Sustainable Agriculture*, Silsoe Research Inst., Bedford, UK, pp. 450
16. Jeppsson K. H. 2000. Carbon dioxide emission and water evaporation from deep litter systems, *Journal of Agricultural Eng. Res.* Vol.77 nr 4, p. 429–440
17. Kośla T. 2001. *Ćwiczenia z higieny zwierząt*, Wydawnictwo SGGW, Warsaw, p.224
18. Mazur K. 2012. Multicriterial assessment of free-stall cattle barns for dairy cows, Ph.D. thesis, Falenty
19. Sapek 1995. Ammonia emissions from agriculture production. *Emisja amoniaku z produkcji rolnej*, *Postępy Nauk Rolniczych*, No 42 vol. 2, p. 3–23
20. Regulation of the Minister of Environment from 24th August 2012 on the levels of certain substances in the air, Dz. U. 2012 r., position. 1031
21. Regulation of Council of Ministers from 9 November 2010
22. Monteny G.J. 2000 *Virtual Conference: Sustainable Animal Production, Quantify Ammonia Emissions from Buildings, Stores and Land Application FAL/ISPA*
23. Mroczek J. R 2006. Redukcja emisji amoniaku pochodzącego z produkcji zwierzęcej jako element ekorozwoju rolnictwa, *Zeszyty Naukowe. Południowo-Wschodni Oddział Polskiego Towarzystwa Inżynierii Ekologicznej z siedzibą w Rzeszowie*, Zeszyt 7, p.63–68,

24. Hansen A. G., 2003. Odour reduction from Animal production – state of the art. And perspectives, Conf. Mater., IIIrd International Seminar: Farm standards, 24-25 września IBMER, Warsaw
25. Mazur K. 2017. Reducing GHG and ammonia emissions from livestock production p. 101-107, pp. 246
26. Mazur K., Kierończyk M. 2019. Nowoczesne technologie chowu bydła mlecznego sprzyjające zrównoważonemu rozwojowi, w tym redukcji emisji gazów cieplarnianych i amoniaku, in: Problems of intensification of Animal production, p. 173,-180 Monograph, pp.359
27. Kavanagh I., Burchill W., Healy M.G., Fenton O., Krol D.J., Lanigan G.J., Mitigation of ammonia and greenhouse gas emissions from stored cattle slurry using acidifiers and chemical amendments, Journal of Cleaner Production, Volume 237, 10 November 2019
28. Jugowar J.L., Myczko R., Kołodziejczyk T., 2007. Zastosowanie preparatów Nano katalitycznych do redukcji emisji amoniaku i gazów cieplarnianych w chowie zwierząt gospodarskich, monografia red. Czyż, E.A., Jugowar J.L., Sławiński C. - „Emisja gazów cieplarnianych i amoniaku w rolnictwie”. Acta Agrophysica nr 150, Lublin, s. 90–107
29. www.balticslurry.eu

The study conducted as part of Multiannual Program 2016–2020 “Technology and nature projects for innovative and effective and a low-carbon economy in rural areas”. Activity: “Possibilities of reducing greenhouse gases and gases affecting air quality generated by the agricultural sector - technological conditions and economic assessment”

СОДЕРЖАНИЕ

Комлач Д. И., Голдыбан В. В., Курилович М. И. Экспериментальное обоснование основных параметров автоматической сортировальной машины	3
Жилич Е. Л., Передня В. И., Заяц Д. В., Радчиков В. Ф., Кот А. Н., Цай В. П., Антонович А. М. Влияние скармливания обработанного зерна на физиологическое состояние и оплату корма продукцией	7
Передня В. И., Радчиков В. Ф., Жилич Е. Л., Заяц Д. В., Кот А. Н., Цай В. П., Бесараб Г. В. Влияние крупности помола зерна на рубцовое пищеварение и продуктивность бычков	13
Радчиков В. Ф., Передня В. И., Жилич Е. Л., Заяц Д. В., Бесараб Г. В., Кот А. Н., Приловская Е. И. Влияние состава заменителей цельного молока на физиологическое состояние и продуктивность телят	19
Передня В. И., Радчиков В. Ф., Жилич Е. Л., Заяц Д. В., Кот А. Н., Цай В. П., Антонович А. М. Оптимизация заменителей цельного молока по сахару	25
Жилич Е. Л., Передня В. И., Заяц Д. В., Радчиков В. Ф., Кот А. Н., Цай В. П., Сапсалёва Т. Л. Нормирование рационов молодняка мясных пород крупного рогатого скота	30
Радчиков В. Ф., Передня В. И., Жилич Е. Л., Заяц Д. В., Сапсалёва Т. Л., Бесараб Г. В., Разумовский С. Н. Кормовая добавка из нетрадиционного сырья в кормлении молодняка крупного рогатого скота	35
Ерохин Г. Н., Беляев А. А. Моделирование производительности зерноуборочных комбайнов	41
Морозов Н. М., Морозов И. Ю. Направления совершенствования методических положений оценки экономической эффективности цифровизации животноводства	45
Михайловский Е. И. Рациональное управление закупками как фактор повышения эффективности функционирования системы ресурсосбережения предприятий	51
Петрашев А. И., Клепиков В. В. Влияние конструкционно-технологических факторов на расход состава при пневматическом нанесении	56
Цой Л. М. Тенденции развития технических средств для кормления свиней	61
Сазонов С. Н. Результаты исследования структуры среднесуточной занятости фермера на полевых механизированных работах	65
Перепчаев А. Н., Кислов Е. Л. Оптимизация глубины захождения рифлей вальцов мяльной машины	68
Галушко Е. В., Сеньков А. Г., Горный А. В., Масный М. А. Спутниковый мониторинг и учет работы техники на базе смартфона	71
Рассказов А. Н. Перспективы развития цифрового животноводства	75
Мирзоянц Ю. А., Фирриченков В. Е., Черновол Ю. Н. Техническое оснащение объектов овцеводства России	79
Ковалёв М. М., Перов Г. А., Кондрашов В. А., Лепешкин Н. Д., Лойко С. Ф., Тарима А. И. Анализ работы игольчатой бороны при движении по почве	83
Перов Г. А., Лойко С. Ф., Тарима А. И. Обоснование параметров прессовальной камеры двухкамерного рулонного пресс-подборщика	89
Ковалёв М. М., Перов Г. А., Лойко С. Ф., Тарима А. И., Колешко С. П. Особенности формирования рулонов в прессовальной камере двухкамерного рулонного пресс-подборщика	96

Салапура Ю.Л., Шепшелева Н.Н., Зубенко Д.В. Анализ теоретических исследований по обоснованию параметров катушечных дозаторов	100
Дыба Э.В., Трофимович Л.И., Микульский В.В., Бернацкий А.А. Оценка потенциала использования пожнивных остатков кукурузы для производства тепла	105
Ленский А.В., Жешко А.А. Точное формирование транспортных маршрутов для конкретных производственных условий.	111
Бакач Н.Г., Салапура Ю.Л., Голдыбан В.В. Роботизация сельского хозяйства: борьба с сорняками	117
Бакач Н.Г., Володкевич В.И., Шах А.В., Амельченко П.А. Формирование перспективной структуры парка сельскохозяйственных машин для реализации инновационных технологий растениеводства в Республике Беларусь	126
Кислов Е.В., Винченюк Н.Г., Тарима А.И. О количественной оценке свойств льнотресты при оптимизации режимов ее переработки	131
Юрин А.Н. Анализ технологий и технических средств для уборки плодов семячковых культур в промышленных садах	136
Казакевич П.П., Лойко С.Ф., Колешко С.П. Рулонирование льнотресты прицепными и самоходными пресс-подборщиками	142
Wacław Romaniuk, Stanisław Winnicki, Andrzej Borusiewicz, Jan Barwicki, Grzegorz Wałowski, Kamila Mazur, Kierończyk M. Influence of milking robot on processes in chosen family farm.	145
Kamila Mazur, Kinga Borek, Marek Kierończyk Development of environmental conditions in livestock buildings and infrastructure elements	156

Научное издание

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС
В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

Материалы
Международной научно-технической конференции
(Минск, 22–23 октября 2020 г.)

Редактор-корректор Е. В. Корзун
Компьютерная верстка И. В. Счеснюк

Подписано в печать 06.10.2020. Формат 60×84 1/8.
Бумага офсетная. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 19,3. Уч.-изд. л. 13,3. Тираж 100 экз. Заказ 170.

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, 220141, г. Минск.