

ISSN 1561-8323 (Print)  
ISSN 2524-2431 (Online)

**АГРАРНЫЕ НАУКИ**  
**AGRARIAN SCIENCES**

УДК 636.22/28.033;636.22/28.034  
<https://doi.org/10.29235/1561-8323-2023-67-6-517-528>

Поступило в редакцию 20.03.2023  
Received 20.03.2023

**Член-корреспондент П. П. Казакевич<sup>1</sup>, член-корреспондент В. Н. Тимошенко<sup>2</sup>,  
А. А. Музыка<sup>2</sup>, С. А. Кирикович<sup>2</sup>, Л. Н. Шейграцова<sup>2</sup>, М. П. Пучка<sup>2</sup>, Н. Н. Шматко<sup>2</sup>,  
М. В. Тимошенко<sup>2</sup>, А. И. Конёк<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Президиум Национальной академии наук Беларуси, Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству,  
Жодино, Республика Беларусь

**ОЦЕНКА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ  
НА НАИБОЛЕЕ ТИПИЧНЫХ ФЕРМАХ И КОМПЛЕКСАХ  
ПО ПРОИЗВОДСТВУ МОЛОКА**

**Аннотация.** Изложены результаты исследований по энергетической оценке наиболее распространенных вариантов сочетания объемно-планировочных и технологических решений зданий и сооружений, применяемого комплекта технологического оборудования на наиболее типичных фермах и комплексах по производству молока. Изучены наиболее значимые элементы технологии и технологическое оборудование, режимы его работы, энергопотребление по элементам затрат для процессов приготовления и раздачи кормов, удаления навоза и обеспечения требуемых параметров микроклимата, определяющие уровень интенсивности производственного процесса при различных вариантах планировки зданий и поголовья животных. Полученные результаты позволяют определить наиболее эффективные варианты механизации и автоматизации производственного процесса и усовершенствовать технологические приемы их выполнения.

**Ключевые слова:** крупный рогатый скот, содержание, молочно-товарная ферма, биоэнергетический анализ

**Для цитирования.** Оценка производственных процессов на наиболее типичных фермах и комплексах по производству молока / П. П. Казакевич [и др.] // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 2023. – Т. 67, № 6. – С. 517–528. <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2023-67-6-517-528>

**Corresponding Member Peter P. Kazakevich<sup>1</sup>, Corresponding Member Uladzimir N. Tsimoshanka<sup>2</sup>,  
Andrei A. Muzyka<sup>2</sup>, Svetlana A. Kirikovich<sup>2</sup>, Lyudmila N. Sheigratsova<sup>2</sup>, Marina P. Puchka<sup>2</sup>,  
Natalia N. Shmatko<sup>2</sup>, Marina V. Tsimoshanka<sup>2</sup>, Alla I. Konek<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Presidium of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

<sup>2</sup>Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Breeding,  
Zhodino, Republic of Belarus

**ASSESSING THE PRODUCTION PROCESSES ON THE MOST TYPICAL FARMS  
AND MILK PRODUCTION COMPLEXES**

**Abstract.** The article presents the results of research, according to an energy assessment, of the most common options for combining spatial planning and technological solutions of buildings and structures, the set of technological equipment used on the most typical operating farms and milk production complexes. The most significant elements of technology and technological equipment, its operating modes, energy consumption by cost elements for the processes of preparation and distribution of feed, manure removal and provision of the required microclimate parameters, determining the intensity level of the production process in various variants of building layout and livestock, have been studied. The results obtained allow us to determine the most effective options for mechanization and automation of the production process and improve the technological methods of their implementation.

**Keywords:** cattle, maintenance, dairy farm, bioenergetic analysis

**For citation.** Kazakevich P. P., Tsimoshanka U. N., Muzyka A. A., Kirikovich S. A., Sheigratsova L. N., Puchka M. P., Shmatko N. N., Tsimoshanka M. V., Konek A. I. Assessing the production processes on the most typical farms and milk production complexes. *Doklady Natsional'noi akademii nauk Belarusi = Doklady of the National Academy of Sciences of Belarus*, 2023, vol. 67, no. 6, pp. 517–528 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2023-67-6-517-528>

**Введение.** Опыт развитых стран мира показывает, что конкурентоспособность продукции и прежде всего продуктов питания обеспечивается интенсификацией производства за счет внедрения высоких технологий, принципиально новой техники, технологического перевооружения отрасли.

Животноводческая ферма представляет собой весьма сложную биотехническую систему, в которой животные выступают не только как средство переработки корма в конечную продукцию, но и как средство воспроизводства стада. В этой системе технологии содержания и обслуживания животных, машины и помещения, т. е. технологические, технические и объемно-планировочные решения, составляют единое целое.

В скотоводстве основными производственно-технологическими линиями, применительно к которым внедряются средства механизации, являются приготовление и раздача кормов, водоснабжение, поение, доение, очистка помещений от навоза, обеспечение микроклимата. Для механизации этих процессов разработаны специальные машины, механизмы и устройства [1].

Изыскание путей снижения энергоемкости и повышения энергоотдачи производства молока и говядины неразрывно связано с многовариантной технологией и применением различных технических средств их получения [2].

Изучение энергопотребления основных технологических процессов по элементам затрат на фермах и комплексах по производству молока позволит найти пути по снижению энергоемкости производства молока, повысить эффективность производства, его стабильность и конкурентоспособность.

Современные фермы и комплексы по производству молока и говядины представляют собой сложный инженерный комплекс, включающий технические элементы, обеспечивающие комфортное содержание, кормление, доение, поение и другие технологические операции, которые представляют собой локальные биотехнические подсистемы. Различия в физиологических потребностях животных на определенных фазах жизненного цикла к кормлению, условиям содержания, параметрам микроклимата обуславливают необходимость формирования технологических групп, позволяющих организовать их дифференцированное обслуживание. Для обеспечения поточного принципа производства в помещениях для животных предусматриваются специализированные технологические сектора с соответствующей планировкой и техническим оснащением. Их можно рассматривать как отдельные производственные модули, совокупность которых позволяет сформировать предприятие с полным технологическим циклом [3; 4].

Особая значимость повышения эффективности производства молока выражается в получении максимальной прибыли, повышении рентабельности и конкурентоспособности отрасли. Экономически эффективен такой способ производства, при котором производится максимальный объем продукции приемлемого качества с минимальными затратами и продажей данной продукции с наименьшими издержками [5].

Для развития животноводства необходимо совершенствовать не только натуральные показатели производства, но и экономические условия. Чтобы иметь накопления для добавочных вложений, отрасль должна иметь доходность, прибыльность. Последнее зависит не только от организационных факторов, но и от практики регулирования цен, которые зачастую не обеспечивают необходимую рентабельность, особенно в скотоводстве [6].

Одним из показателей, позволяющих более достоверно определять затраты на производство молока, является энергоемкость, включение которой в общую систему показателей способствует выработке как общей стратегии сбережения энергоресурсов, так и конкретных решений по применению энергосберегающих технологий и техники. При этом для определения энергоемкости производства молока в качестве методологической основы целесообразно использовать метод энергетического анализа, который позволяет проводить комплексную оценку по совокупным энергозатратам различных технологий производства молока и говядины [7].

Ресурсо-, энерго- и трудосберегающая технология производства молока, выращивания и откорма молодняка крупного рогатого скота основана на использовании средств механизации производственных процессов, в наибольшей степени соответствующих биологическим потребно-

стям организма животных, технологических приемов и методов, позволяющих полностью реализовать генетический потенциал продуктивности, на обеспечении оптимальных нормативов кормления, содержания, размещения животных [8].

Изучение средств механизации, режима их работы, расхода топлива и электроэнергии, мощности потребителей электроэнергии и их энергетической оценки на фермах и комплексах по производству молока и говядины, условий содержания, кормления и поения животных, затрат труда на обслуживание животных, позволит найти пути по снижению энергоемкости производства молока и говядины, повысить эффективность производства, его стабильность и конкурентоспособность.

Целью данной научной разработки являлась комплексная оценка технологических решений и применяемого комплекта технологического оборудования на наиболее типичных действующих в Республике Беларусь фермах и комплексах различной мощности по производству молока.

**Материалы и методы исследований.** Объектом исследования явились фермы и комплексы по производству молока ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» Смолевичского района: селекционно-племенная ферма (СПФ) «Будагово» (мощность фермы по проекту 268 голов), МТФ «Жажелка» (мощность фермы по проекту 750 голов), МТК «Березовица» (мощность комплекса по проекту 850 голов), МТК «Рассошное» (мощность комплекса по проекту 1000 голов) и МТК «Устенский» Оршанского района (мощность комплекса по проекту 1200 голов), расположенный в РПУП «Устье» НАН Беларуси Оршанского района.

Были изучены следующие показатели:

зоотехнические: мощность и среднегодовое поголовье фермы (комплекса), среднесуточный и валовый прирост, среднесуточный удой, валовый надой, условия содержания животных;

технологические: технологические решения, технологическое оборудование;

технико-экономические: виды применяемых машин и оборудования, режим их работы, расход топлива и электроэнергии, мощности потребителей электроэнергии; прямые затраты, инвестиционные затраты, затраты труда на обслуживание животных;

энергетические: фактическая энергоемкость процессов жизнеобеспечения и обслуживания животных по удельному расходу топливно-энергетических ресурсов в условном топливе кг/гол. с учетом прямых, косвенных и совокупных затрат энергии.

В ходе проведения исследований был осуществлен сбор эмпирических, производственных и статистических материалов, изучены альбомы проектной документации наиболее распространенных животноводческих объектов. Для оценки энергопотребления были использованы [7–12]. В качестве измерителя энергоемкости были приняты затраты энергии (Дж) с переводом в условное топливо (у. т.) на голову скота по элементам затрат в производственных процессах.

**Результаты и их обсуждение.** Одним из критериев, позволяющих достоверно определить затраты на производство тонны молока, является энергоемкость. Это затраты материально-энергетических ресурсов на единицу производимой продукции. Определение этого показателя позволяет выявить энергосберегающие направления при совершенствовании и разработке новых технологических решений. Этот показатель наиболее объективен, не зависит от конъюнктуры рынка и характеризует собой технический уровень развития технологии [13].

Энергетическая оценка технологии производства молока производится по показателям, характеризующим оцениваемые объекты, технологии, технологические процессы и количество произведенной продукции. К таким показателям относятся: совокупный годовой расход энергии в процессе производства продукции, технологическая энергоемкость, выход энергии, энергетический коэффициент эффективности технологии, который оценивается по энергетическому выходу конечного продукта.

Основными потребителями прямой энергии на фермах и комплексах по производству молока и говядины являлись системы, обеспечивающие оптимальную среду обитания животных, и технологические процессы, связанные с содержанием, кормлением и доением животных (системы водоснабжения, освещения, доения). Прямые затраты энергии включали в себя также расход топлива и горюче-смазочных материалов технологическим оборудованием и машинами, применяемыми на животноводческих объектах.

Косвенные затраты энергии определялись затратами кормов, воды, подстилочных материалов, дезинфицирующих средств, минеральных добавок, ветеринарных препаратов и др.

Инвестиционные затраты энергии состояли из энергозатрат на добычу, переработку и доставку топлива, на строительство зданий и сооружений, на производство машин и оборудования, а также из энергозатрат на выращивание продуктивного скота. Энергоносителями для технологических процессов на изучаемых объектах служили электроэнергия, дизельное топливо и бензин.

Затраты энергии живого труда складывались из энергозатрат по всем категориям работников фермы (комплекса).

Для анализа энергозатрат при производстве молока в качестве объекта исследования были взяты молочно-товарные фермы и комплексы, имеющие полный цикл производства молока за 2020 г. (МТФ «Жажелка», МТК «Березовица» и МТК «Рассошное»).

Анализ энергоемкости производства молока на изучаемых объектах свидетельствует о том, что суммарные энергозатраты зависят от затрат энергии на отдельные технологические операции. На рис. 1 представлена сравнительная оценка удельного веса статей затрат энергии на изучаемых объектах.

Из анализа диаграммы (рис. 1) следует, что основными расходными статьями при производстве молока на МТФ «Жажелка», МТК «Березовица» и МТК «Рассошное» являлись затраты на корма (40,6–42,2 %) и на выращивание продуктивного скота (39,7–41,0 %), на долю которых приходился наибольший процент. Далее в структуре затрат на изучаемых объектах следовали затраты на подстилку (4,5–6,8 %), затраты живого труда (2,7–4,1 %), затраты на металлоемкость машин и оборудования (1,9–3,4 %) и затраты, овеществленные в энергоносителях (2,6–3,1 %). Затраты, овеществленные в зданиях и сооружениях, на МТФ «Жажелка», МТК «Березовица» и МТК «Рассошное» составили соответственно: 1,37, 1,4 и 1,9 %, а затраты на жидкое топливо – 1,65, 0,96 и 1,1 % соответственно. Меньше одного процента в структуре энергозатрат занимали затраты на электроэнергию и вспомогательное сырье (лекарственные, ветеринарные и дезинфицирующие средства).

Результаты выполненного нами энергоанализа производства молока (табл. 1) показали, что самые низкие суммарные энергозатраты за 2020 г. оказались на МТФ «Жажелка» – 2422507 кг у. т., а самые высокие – на МТК «Рассошное» – 5186166 кг у. т.

Из расчета на одно животное и на 1 т молока (рис. 2) наименее энергоемкой явилась технология производства молока, осуществляемая на комплексе «Березовица» (5832,4 и 733,8 кг у. т.), наиболее энергоемкой – на МТК «Рассошное» (6030,4 и 815,2 кг у. т. соответственно).

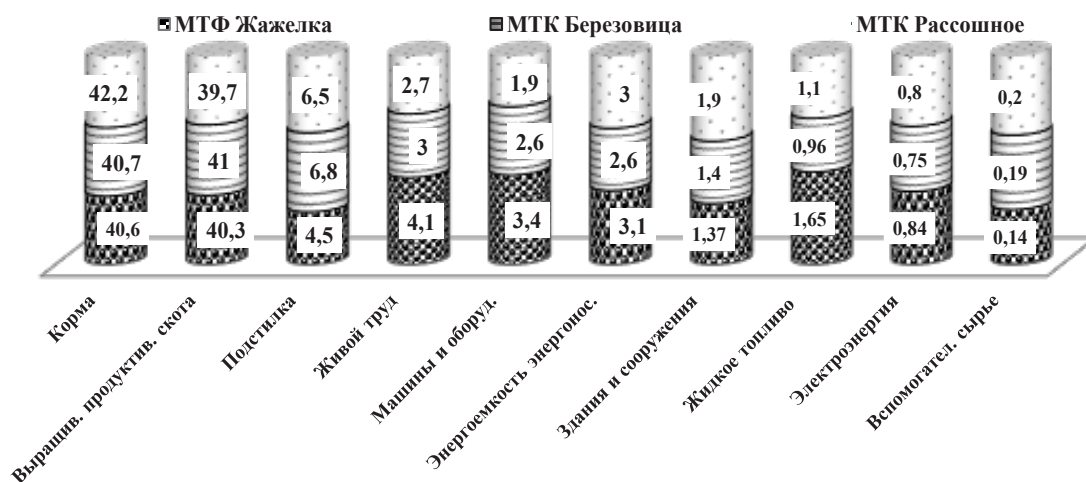


Рис. 1. Сравнительная оценка удельного веса основных статей энергозатрат на производство молока на изучаемых объектах, %

Fig. 1. Structure of energy consumption for milk production at the studied objects, %

Таблица 1. Показатели затрат энергии при производстве молока на изучаемых объектах  
Table 1. Indicators of energy consumption in milk production at the studied facilities

Показатель Index	Единица измерения Unit	Объект Object		
		Жажелка	Березовица	Рассошное
I. Прямые затраты, кг у. т.				
Затраты электроэнергии	1 голова	49,0	41,7	50,3
	1 т молока	6,5	5,3	6,8
Затраты жидкого топлива	1 голова	97,5	53,5	67,6
	1 т молока	12,9	6,7	9,1
II. Косвенные затраты, кг у. т.				
Затраты энергии на корма	1 голова	2410,6	2374,7	2542,9
	1 т молока	318,5	298,8	343,7
Затраты энергии на подстилку	1 голова	265,1	397,2	388,8
	1 т молока	35,0	50,0	52,6
Затраты энергии на лекарства и дезинфицирующие средства	1 голова	7,7	10,7	12,9
	1 т молока	1,0	1,4	1,8
III. Инвестиционные затраты, кг у. т.				
Затраты энергии, овлещественные в энергоносителях	1 голова	186,3	151,5	183,7
	1 т молока	24,6	19,1	24,8
Затраты энергии, овлещественные в машинах и оборудовании	1 голова	202,9	154,0	115,4
	1 т молока	26,8	19,4	15,6
Затраты энергии, овлещественные в зданиях и сооружениях	1 голова	80,6	80,5	114,9
	1 т молока	10,7	10,1	15,5
Затраты энергии на выращивание продуктивного скота	1 голова	2393,3	2393,3	2393,3
	1 т молока	316,2	301,1	323,5
IV. Затраты энергии живого труда, кг у. т.				
Затраты энергии живого труда	1 голова	244,2	175,4	160,6
	1 т молока	32,3	22,1	21,7
Полные энергозатраты, кг у. т.				
Суммарные энергозатраты	–	2422507	3645277	5186166
	1 голова	5937,5	5832,4	6030,4
	1 т молока	784,4	733,8	815,2

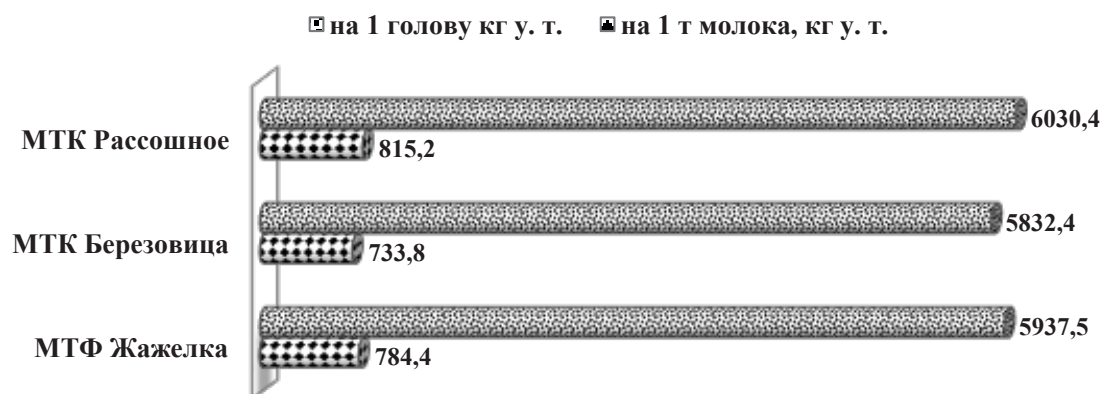


Рис. 2. Энергоемкость производства молока, кг у. т.

Fig. 2. Energy intensity of milk production, kg of cu. t.



Уровень энергозатрат на единицу продукции зависит не только от расхода ресурсов в расчете на каждое животное, но и от его продуктивности, так как с изменением среднесуточного удоя изменяются и статьи затрат на кормление и содержание животных. Так, наименьшее количество энергетических ресурсов на производство 1 т молока на МТК «Березовица» (733,8 кг у. т.) сочеталось с высокой продуктивностью животных (средний удой молока на 1 корову за 2020 г. здесь составил 7948 л, на МТФ «Жажелка» – 7569 л и на МТК «Рассошное» – 7397 л) и более высоким уровнем производства молока на одного работающего (225,8 л на комплексе «Березовица», 118,8 л и 219,4 л в расчете на одного работающего человека соответственно на ферме «Жажелка» и комплексе «Рассошное»).

Как было сказано выше, для ферм и комплексов разной мощности наибольший процент в структуре затрат занимали затраты на воспроизводство стада и затраты на корма. Так, затраты на выращивание продуктивного скота в расчете на 1 т молока на МТК «Рассошное» были на 2,3–7,4 % выше, чем на МТФ «Жажелка» и на МТК «Березовица» соответственно. Однако в расчете на 1 голову они были одинаковыми, так как коэффициент воспроизводства стада на данных фермах имел одинаковое значение.

Самые низкие затраты на корма в расчете на 1 голову скота оказались на МТК «Березовица», что на 35,9–168,3 кг у. т. ниже по сравнению с рационом на ферме «Жажелка» и МТК «Рассошное» соответственно. Косвенные затраты энергии на подстилку на изучаемых объектах составили 265,1–397,2 кг у. т. в расчете на 1 голову скота. На МТК «Березовица» они оказались в 0,98–1,5 раза выше по сравнению с показателями затрат энергии на подстилку на МТК «Рассошное» и на ферме «Жажелка» соответственно. Для снижения затрат на подстилку целесообразно применять технологическое зонирование зданий (разделять площадь секций на зону кормления и отдыха).

В годовых совокупных энергозатратах самые высокие затраты энергии живого труда в расчете на голову и на тонну молока оказались на МТФ «Жажелка», что в 1,4–1,5 раза выше, чем на МТК «Березовица» и МТК «Рассошное», что связано с большим количеством производственного (6 операторов машинного доения, 8 животноводов) и обслуживающего персонала на ферме (5 человек) при имеющемся поголовье скота. Основной удельный вес энергии ручного труда на изучаемых объектах приходился на животноводов (30,0–31,8 %), операторов машинного доения (22,7–23,0 %) и трактористов (7,7–9,0 %).

Затраты энергии, овеществленные в машинах и оборудовании, на ферме «Жажелка» также оказались на 48,9–87,5 кг у. т., или в 1,3–1,8 раза выше в расчете на 1 голову, чем на МТК «Березовица» и МТК «Рассошное» соответственно, что связано с наличием энергоемкого оборудования и машин на данной ферме при имеющемся в обслуживании поголовье коров. Наибольший удельный вес энергии машин и оборудования на обследуемых фермах и комплексах приходился на кормораздатчики и погрузчики кормов и навоза – 59,0–60,0 %, на тракторы – 33,7–50,8 %, доильное оборудование – 22,0–32,7 % и оборудование для охлаждения и хранения молока – 7,8–11,9 %. Для снижения затрат энергии в целом по этой статье необходимо применять оптимальный комплект машин, устранять их дублирование благодаря повышению надежности, строить рациональные графики и режимы работы, а также маршруты движения при эксплуатации машин, в частности на ферме «Жажелка» необходимо увеличить поголовье скота до 750 в соответствии с проектной вместимостью фермы (комплектование фермы за 2020 г. составило всего 62 %).

В годовых совокупных энергозатратах большая доля затрат приходилась и на затраты по доставке энергоносителей потребителю. Самые низкие затраты по этому показателю оказались на МТК «Березовица» – 151,5 кг у. т. в расчете на 1 голову скота. На МТФ «Жажелка» и на МТК «Рассошное» затраты составили 186,3 и 183,7 кг у. т. соответственно. Данные об эксплуатации зданий и сооружений свидетельствуют о том, что энергетические затраты были выше на ферме большей мощности, т. е. на комплексе «Рассошное» – 114,9 кг у. т. в расчете на 1 голову скота.

В совокупных энергозатратах наибольший удельный вес приходился на энергию, овеществленную в топливе, и расходующую тракторами и погрузчиками при раздаче кормов и уборке навоза. При этом в расчете на 1 голову скота затраты жидкого топлива на ферме «Жажелка» оказались на 29,9–44,0 кг у. т., или в 1,4–1,8 раза выше, чем на МТК «Рассошное» и МТК «Бере-

зовица» соответственно. Большой расход топлива на этой ферме, возможно, связан с технологической операцией уборки навоза, которая осуществляется во всех зданиях фермы трактором с бульдозерной навеской. Важным направлением уменьшения энергоемкости топлива является устранение лишних и сокращение холостых пробегов тракторов на транспортных работах, оптимальная загрузка прицепов; рациональное размещение животноводческих предприятий и объектов кормопроизводства; исключение перевалок кормов на пути от хранилища к животноводческим зданиям и перегрузок продукции на пути к местам переработки и реализации, наличие кормового двора с хранилищами для сена, соломы и сенажа; размещение отдельных хранилищ, навесов для хранения сена (соломы) в ближайшей доступности для потребителя. Для каждого животноводческого объекта должны быть определены необходимые нормы запаса кормов и подстилки.

Изучение и анализ затрат электроэнергии в условиях ферм и комплексов по производству молока показали, что реализация новых технологических решений позволила уменьшить расход энергии. Так, замена большей части люминесцентных светильников на МТК «Березовица» светодиодными привела к снижению затрат на освещение. По затратам электроэнергии в расчете на голову скота было отмечено, что на МТК «Березовица» они были ниже, чем на ферме «Жажелка» и комплексе «Рассошное» (41,7 кг у. т. в расчете на голову против 49 и 50,3 кг у. т. соответственно). Кроме того, более низкие показатели затрат энергии на МТК «Березовица» можно объяснить наличием доильного оборудования с меньшей потребляемой мощностью (на МТК «Березовица» доильная установка «Параллель» 2x16 мощностью 30,0 кВт, на МТФ «Жажелка» доильная установка «Елочка» 2x14 мощностью 35,5 кВт, на МТК «Рассошное» доильная установка «Карусель-40» мощностью 50,0 кВт).

Энергетические затраты на лекарственные, ветеринарные и дезинфицирующие средства на изучаемых объектах были наименьшими. Так, на одно животное годовые затраты на вспомогательные средства, переведенные в условное топливо, составили 7,7 кг на МТФ «Жажелка», 10,7 кг на МТК «Березовица» и 12,9 кг на МТК «Рассошное».

Расчеты показателей биоэнергетической оценки производства молока на изучаемых объектах показали (рис. 3), что коэффициент биоэнергетической эффективности всей продукции, включая основную продукцию – молоко, дополнительную – телят от рождения (приплод) до 1,5 месяца (прирост), мясо выбракованных животных и побочную – навоз (экскременты с подстилкой), составил: на МТФ «Жажелка» – 50,4 %, на МТК «Березовица» – 58,6 %, на МТК «Рассошное» – 55,3 %; коэффициент биоэнергетической эффективности основной и дополнительной продукции (без экскрементов и подстилки) – 14,5, 15,5 и 14,0 % соответственно по фермам.

Анализ диаграммы (рис. 3) показал, что коэффициент биоэнергетической эффективности всей продукции на МТК «Березовица» был на 3,3–8,2 % выше, основной и дополнительной про-

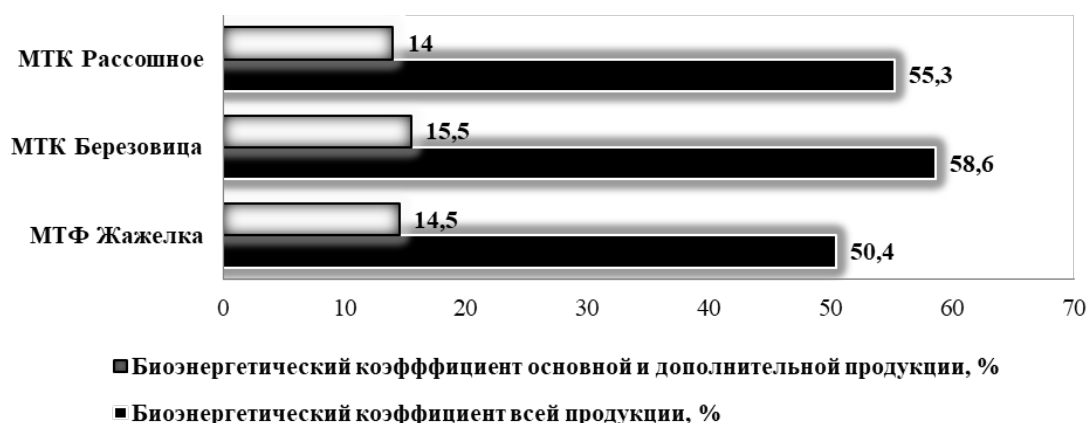


Рис. 3. Биоэнергетические показатели производства молока на изучаемых фермах, %

Fig. 3. Bioenergetic indicators of milk production on the studied farms, %

дукции – на 1–1,5 % выше, чем на МТК «Рассошное» и на МТФ «Жажелка». Согласно расчетам, на ферме «Жажелка» необходимо изыскивать пути повышения коэффициента биоэнергетической эффективности производства молока, прежде всего за счет снижения полных энергозатрат при его производстве.

Нами было изучено энергопотребление по элементам затрат за 2021 г. для процесса приготовления и раздачи кормов мобильным способом на пяти молочных фермах и комплексах. На рис. 4 представлена структура энергозатрат при выполнении процесса приготовления и раздачи кормов на изучаемых объектах.

Установлено, что основной удельный вес при приготовлении и раздаче кормов на изучаемых объектах приходился на затраты, овлеществленные в машинах и оборудовании (22,6–50,4 %), затраты на жидкое топливо (15,2–40,4 %) и затраты, овлеществленные в энергоносителях (12,1–15,7 %). Далее в структуре затрат следовали затраты, овлеществленные в зданиях и сооружениях (9,7–16,2 %), затраты живого труда (3,8–6,9 %) и затраты на электроэнергию (1,5–2,6 %).

Результаты выполненного энергоанализа технологического процесса приготовления и раздачи кормов (табл. 2) показали, что в расчете на одно животное наименее энергоемким явился процесс приготовления и раздачи кормов, осуществляемый на комплексе «Рассошное» (122,99 кг у. т/гол.), наиболее энергоемким – на СПФ «Будагово» (231,17 кг у. т/гол.).

Из данных табл. 2 видно, что удельный вес энергии, овлеществленной в машинах и оборудовании, в энергозатратах на приготовление и раздачу кормов, довольно значителен. Наибольшие затраты в расчете на 1 голову отмечены на СПФ «Будагово» (116,42 кг у. т.) и МТФ «Жажелка» (59,94 кг у. т.) при имеющемся в обслуживании поголовье коров. Наибольший удельный вес приходился на энергию, овлеществленную в топливе, и расходуемую тракторами и погрузчиками при раздаче кормов. Затраты по этому показателю колебались от 30,57 до 49,71 кг у. т. на голову. Большая доля затрат приходилась и на затраты по доставке энергоносителей потребителю (от 15,12 до 28,33 кг у. т/гол.). Самые высокие затраты энергии живого труда в расчете на голову оказались на СПФ «Будагово», что в 1,8–3,4 раза выше, чем на других фермах.

Расчеты показали (табл. 2, рис. 5), что затраты энергии на заготовку, хранение, приготовление и раздачу кормов на изучаемых объектах варьировали от 2461,02 до 3252,93 кг у. т. на 1 голову, или от 42,7 до 46,2 % от общих энергозатрат на производство молока. При этом на заготовку и хранение кормов приходилось 2335,53–3021,76 кг у. т/гол., или 40,5–43,7 % от общих затрат

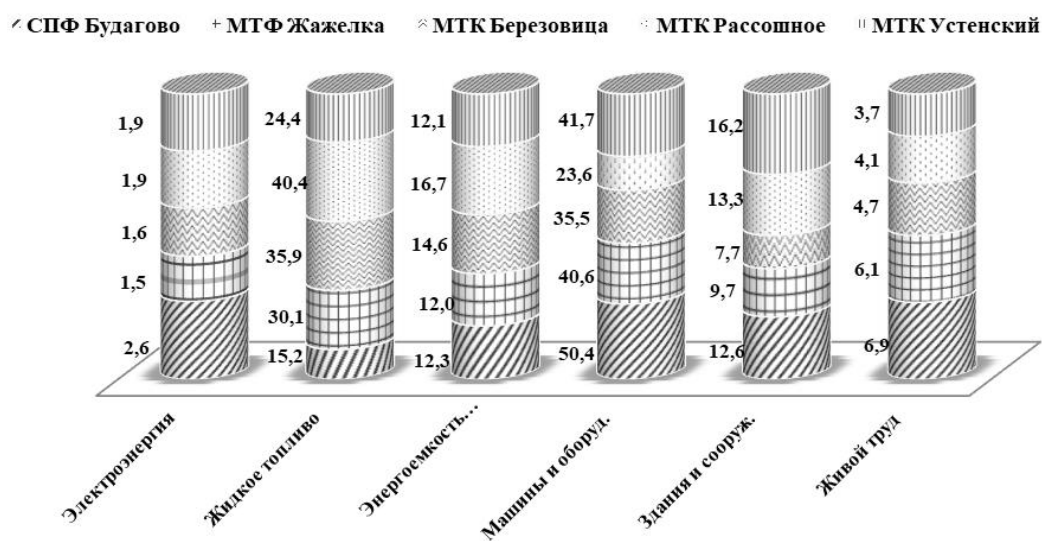


Рис. 4. Структура энергозатрат при выполнении процесса приготовления и раздачи кормов на изучаемых объектах, %

Fig. 4. The structure of energy consumption during the process of preparation and distribution of feed at the studied objects, %



энергии на производство молока, а на приготовление и раздачу кормов – 122,99–231,17 кг у. т/гол., или 1,8–3,3 %.

Таким образом, энергоанализ работы молочных ферм и комплексов показал, что величина энергозатрат на раздачу кормов зависит от мощности фермы (комплекса). Установлено, что с увеличением поголовья КРС затраты энергии в расчете на голову, связанные с раздачей кормов, уменьшаются (табл. 2). Так, наибольшие энергозатраты на приготовление и раздачу кормов в расчете на голову были установлены на СПФ «Будагово» (231,17 кг у. т.). С увеличением мощности комплекса (с ростом обслуживаемого поголовья) отмечено снижение данного показателя. На ферме «Жажелка» они составили 147,59 кг у. т/гол., на комплексе «Березовица» – 127,60 кг у. т/гол., на комплексе «Устенский» – 125,49 кг у. т/гол. и на комплексе «Рассошное» – 122,99 кг у. т/гол.

Таблица 2. Совокупные и поэлементные затраты энергии на приготовление и раздачу кормов для молочных ферм и комплексов в расчете на 1 голову, кг у. т/гол.

Table 2. Total and piecemeal energy costs for the preparation and distribution of feed for dairy farms and complexes per 1 head, kg of cu. t/head

Показатель Index	Объект Object				
	Будагово	Жажелка	Березовица	Рассошное	Устенский
Среднее поголовье, гол.	219	380	591	800	738
Затраты электроэнергии	6,02	2,21	2,06	2,30	2,39
Затраты жидкого топлива	35,24	44,40	44,58	49,71	30,57
Затраты энергии, овеществленные в энергоносителях	28,33	17,78	17,30	19,32	15,12
Затраты энергии, овеществленные в машинах и оборудовании	116,42	59,94	45,28	27,75	52,32
Затраты энергии, овеществленные в зданиях и сооружениях	29,23	14,48	12,41	18,75	20,36
Затраты энергии живого труда	15,93	8,78	5,97	5,15	4,74
Суммарные энергозатраты на приготовление и раздачу кормов	231,17	147,59	127,60	122,99	125,49
Суммарные энергозатраты на заготовку и хранение кормов	3021,76	2622,38	2929,16	2948,99	2335,53
Суммарные энергозатраты на производство молока	7045,98	6481,51	6699,81	6889,49	5498,80

Уборка навоза в зданиях коровников для дойного стада (беспривязное боксовое содержание с использованием измельченной соломенной подстилки) на СПФ «Будагово», МТК «Рассошное», МТК «Березовица» и МТК «Устенский» осуществляется скреперной системой, а на МТФ «Жажелка» – бульдозером.

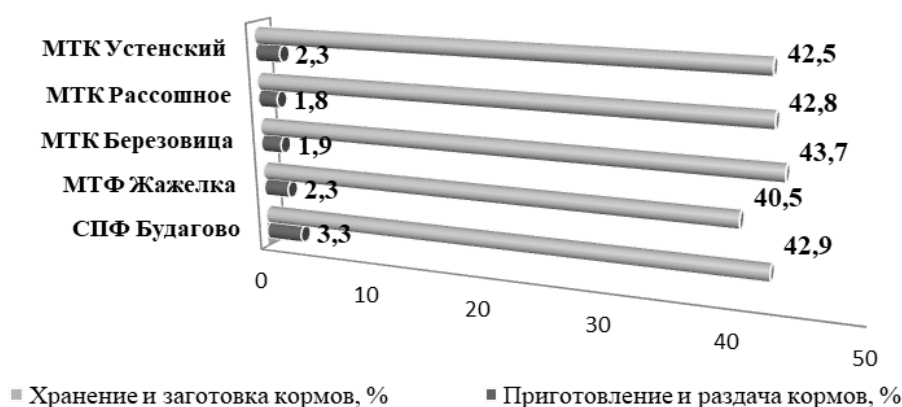


Рис. 5. Удельный вес отдельных статей энергозатрат на заготовку, хранение, приготовление и раздачу кормов на изучаемых объектах, %

Fig. 5. The structure of energy consumption for harvesting, storage, preparation and distribution of feed at the studied facilities, %

Результаты выполненного энергоанализа технологического процесса удаления навоза (табл. 3) показали, что в расчете на одно животное наиболее энергоемким стал процесс навозоудаления, осуществляемый бульдозером на МТФ «Жажелка» (103,44 кг у. т.), наименее энергоемким, осуществляемый скреперными установками на комплексе «Березовица» (23,30 кг у. т.).

Таблица 3. Совокупные и поэлементные затраты энергии на выполнение процесса удаления навоза на молочных фермах и комплексах

Table 3. Total and piecemeal energy costs for the manure removal process on dairy farms and complexes

Объект (поголовье) Object (livestock)	Прямые энергозатраты				Овещественные энергозатраты						Затраты энергии живого труда		Суммарные энергозатраты	
	электро-энергии		топлива		энергоноси-тели		машины и оборудование		здания и сооружения					
	кг у. т/гол.	%	кг у. т/гол.	%	кг у. т/гол.	%	кг у. т/гол.	%	кг у. т/гол.	%	кг у. т/гол.	%	кг у. т/гол.	%
Будагово (219)	3,01	6,5	–	–	10,04	21,8	18,41	40,0	6,64	14,4	7,97	17,3	46,07	100
Жажелка (380)	–	–	49,33	47,7	11,55	11,2	31,70	30,6	2,08	2,0	8,78	8,5	103,44	100
Березовица (591)	2,06	8,8	–	–	6,86	29,4	7,70	33,0	3,71	15,9	2,99	12,8	23,30	100
Рассошное (800)	2,30	9,4	–	–	7,68	31,2	6,50	26,4	5,54	22,5	2,57	10,5	24,59	100
Устенский (738)	2,39	8,7	–	–	7,96	29,0	7,17	26,1	7,53	27,5	2,37	8,7	27,42	100

В расчете на одну голову скота затраты энергии при уборке навоза бульдозером оказались в 2,2–4,4 раза, или на 55,5–77,5 % выше, чем при уборке навоза скреперами. Установлено, что основной удельный вес при выполнении процесса навозоудаления мобильными средствами (МТФ «Жажелка») приходился на затраты жидкого топлива (47,7 %) и на затраты, овеществленные в машинах и оборудовании (30,6 %); при уборке стационарными средствами – на затраты, овеществленные в энергоносителях (29,0–31,2 %), затраты, овеществленные в машинах и оборудовании (26,1–40,0 %), и на затраты, овеществленные в зданиях и сооружениях (14,4–27,5 %).

Анализ табл. 3 свидетельствует, что полные годовые затраты жидкого топлива на ферме «Жажелка» в расчете на 1 голову скота составили 49,33 кг у. т. Удельный вес энергии, овеществленной в машинах и оборудовании, в энергозатратах на удаление навоза мобильным способом, довольно значителен, что связано с использованием высокопроизводительного (25 т/ч) энергоемкого трактора по сравнению с малоэнергоемкими (производительность – 0,5–6,4 т/ч) скреперными установками. В расчете на одну голову скота материалоемкость мобильных средств навозоудаления в 1,7–4,9 раз, или на 41,9–79,5 % превышала стационарные.

По затратам энергии живого труда более высокоэнергоемкой также оказалась мобильная уборка навоза. Так, энергоемкость прямых затрат труда водителя бульдозера на МТФ «Жажелка» оказалась в 1,1–3,7 раз, или на 9,2–73,0 % выше, чем слесарей, работающих на скреперах, что в пересчете на 1 голову скота составило 8,78 кг у. т. против 2,37, 2,57, 2,99 и 7,97 кг у. т/гол. на комплексах «Устенский», «Рассошное», «Березовица» и на СПФ «Будагово» соответственно.

Анализ суммарных затрат энергии на голову скота показал, что при уборке навоза скреперами полные энергозатраты составили 23,30–46,07 кг у. т/гол. Высокие энергозатраты на уборку навоза на СПФ «Будагово» (в 1,4–2,0 раза выше по сравнению с затратами на комплексах «Березовица», «Рассошное», «Устенский») можно объяснить небольшим поголовьем скота на ферме и неполной ее комплектацией. Для транспортирования навоза из прифермерских навозохранилищ (навозосборников) в полевые навозохранилища или на поля применяются высокопроизводительные энергоемкие машины (погрузчик Амкодор 352, трактор МТЗ-3522, МЖУ-20, прицеп ПМФ-20, МВЖУ-12, трактор МТЗ-2022), что ведет к увеличению энергозатрат на средства механизации и затрат жидкого топлива. Исследования технологического процесса мобильных средств показали, что 30–50 % рабочего времени затрачивается на основную работу, а остальное расходуется на погрузочно-разгрузочные операции, движение порожних агрегатов, в результате чего складывается высокая себестоимость перевозок.

Энергоанализ работы пяти молочных ферм и комплексов показал, что технология удаления навоза из животноводческих помещений стационарными средствами с применением скреперных

установок циклического действия и насосного оборудования эффективнее бульдозерного навозоудаления, имеет более низкие энергозатраты и материалоемкость, не требует использования жидкого топлива, позволяет полностью автоматизировать процесс навозоудаления и выполнять его в соответствии с требованиями по защите окружающей среды.

**Заключение.** Обобщая вышесказанное, можно отметить, что эффективность технологии производства молока зависит от сочетаемости системы содержания животных, типов помещений и средств механизации всех производственных процессов. Выбор способов, средств механизации и технологического оборудования зависит от строительных решений животноводческих зданий, которые связаны с технологическими решениями систем транспортировки и раздачи кормов, водопоеания, доения, удаления навоза, от технологий содержания и обслуживания животных, а также от взаимного расположения зданий и сооружений.

### Список использованных источников

1. Модернизация, реконструкция и строительство молочных ферм и комплексов / Н. А. Попков [и др.]. – Горки, 2011. – 132 с.
2. Яковчик, Н. С. Экономические основы энергосбережения в животноводстве (теория, методология, практика) / Н. С. Яковчик, В. В. Валуев. – Барановичи, 1999. – 162 с.
3. Хазанов, Е. Е. Технологические модули для коров и молодняка при беспривязно-боксовом способе их содержания / Е. Е. Хазанов, В. В. Гордеев // Научно-технический прогресс в животноводстве – перспективные ресурсосберегающие машинные технологии: сб. науч. тр. – Подольск, 2005. – Т. 15, ч. 2. – С. 40–47.
4. Казакевич, П. П. Технологическая концепция «умной» молочной фермы / П. П. Казакевич, В. Н. Тимошенко, А. А. Музыка. – Жодино, 2022. – 252 с.
5. Башмакова, А. А. Развитие расширенного воспроизводства в сельском хозяйстве (на материалах Смоленской области): автореф. дис. ... канд. эконом. наук / А. А. Башмакова. – М., 2011. – 26 с.
6. Касьянова, А. С. Обоснование направлений расширенного воспроизводства в отраслях растениеводства: автореф. дис. ... канд. эконом. наук / А. С. Касьянова. – Курск, 2008. – 19 с.
7. Яковчик, Н. С. Энергоресурсосбережение в сельском хозяйстве / Н. С. Яковчик, А. М. Лапотко. – Барановичи, 1999. – 380 с.
8. Севернев, М. М. Энергосберегающие технологии в сельскохозяйственном производстве / М. М. Севернев. – М., 1992. – 190 с.
9. Кива, А. А. Биоэнергетическая оценка и снижение энергоемкости технологических процессов в животноводстве / А. А. Кива, В. М. Рабштына, В. И. Сотников. – М., 1990. – 176 с.
10. Севернев, М. М. Временная методика энергетического анализа в сельскохозяйственном производстве / М. М. Севернев. – Минск, 1991. – 126 с.
11. Методика энергетического анализа технологических процессов в сельскохозяйственном производстве. – М., 1995. – 95 с.
12. Мишууров, Н. П. Биоэнергетическая оценка и основные направления снижения энергоемкости производства молока / Н. П. Мишууров. – М., 2010. – 152 с.
13. Миндрин, А. С. Энергоэкономическая оценка сельскохозяйственной продукции / А. С. Миндрин. – М., 1987. – 187 с.

### References

1. Popkov N. A., Kurdeko A. P., Timoshenko V. N., Trofimov A. F., Shalak M. V., Muzyka A. A., Kurak A. S. [et al.]. *Modernization, reconstruction and construction of dairy farms and complexes*. Gorki, 2011. 132 p. (in Russian).
2. Yakovchik N. S., Valuev V. V. *Economic foundations of energy conservation in animal husbandry (theory, methodology, practice)*. Baranovichy, 1999. 162 p. (in Russian).
3. Khazanov E. E., Gordeev V. V. Technological modules for cows and young animals with a loose-box method of their maintenance. *Nauchno-tekhnicheskii progress v zhivotnovodstve – perspektivnye resursosberegayushchie mashinnye tekhnologii: sbornik nauchnykh trudov* [Scientific and technological progress in animal husbandry – promising resource-saving machine technologies: collection of scientific papers]. Podolsk, 2005, vol. 15, part 2, pp. 40–47 (in Russian).
4. Kazakevich P. P., Timoshenko V. N., Muzyka A. A. *Technological concept of a “smart” dairy farm*. Zhodino, 2022. 252 p. (in Russian).
5. Bashmakova A. A. *Development of expanded reproduction in agriculture (on the materials of the Smolensk region)*. Moscow, 2011. 26 p. (in Russian).
6. Kasyanova A. S. *Substantiation of the directions of expanded reproduction in the branches of crop production*. Kursk, 2008. 19 p. (in Russian).
7. Yakovchik N. S., Lapotka A. M. *Energy resource conservation in agriculture*. Baranovichy, 1999. 380 p. (in Russian).
8. Severnev M. M. *Energy-saving technologies in agricultural production*. Moscow, 1992. 190 p. (in Russian).

9. Kiva A. A., Rabshtyna V. M., Sotnikov V. I. *Bioenergetic assessment and reduction of energy capacity of technological processes in animal husbandry*. Moscow, 1990. 176 p. (in Russian).
10. Severnev M. M. *Temporary method of energy analysis in agricultural production*. Minsk, 1991. 126 p. (in Russian).
11. *Methods of energy analysis of technological processes in agricultural production*. Moscow, 1995. 95 p. (in Russian).
12. Mishurov N. P. *Bioenergetic assessment and the main directions of reducing the energy intensity of milk production*. Moscow, 2010. 152 p. (in Russian).
13. Mindrin A. S. *Energy economic assessment of agricultural products*. Moscow, 1987. 187 p. (in Russian).

### Информация об авторах

*Казакевич Пётр Петрович* – член-корреспондент, д-р техн. наук, профессор, заместитель председателя Президиума. Национальная академия наук Беларуси (пр. Независимости, 66, 220072, Минск, Республика Беларусь). E-mail: nasb@presidium.bas-net.by.

*Тимошенко Владимир Николаевич* – член-корреспондент, д-р с.-х. наук, профессор, первый заместитель генерального директора. НПЦ НАН Беларуси по животноводству (ул. Фрунзе, 11, 222163, Жодино, Республика Беларусь). E-mail: belniig@tut.by.

*Музыка Андрей Анатольевич* – канд. с.-х. наук, доцент, заведующий лабораторией. НПЦ НАН Беларуси по животноводству (ул. Фрунзе, 11, 222163, Жодино, Республика Беларусь). E-mail: belniig@tut.by.

*Кирикович Светлана Алексеевна* – канд. с.-х. наук, доцент, вед. науч. сотрудник. НПЦ НАН Беларуси по животноводству (ул. Фрунзе, 11, 222163, Жодино, Республика Беларусь). E-mail: belniig@tut.by.

*Шейграцова Людмила Николаевна* – канд. с.-х. наук, доцент, вед. науч. сотрудник. НПЦ НАН Беларуси по животноводству (ул. Фрунзе, 11, 222163, Жодино, Республика Беларусь). E-mail: belniig@tut.by.

*Пучка Марина Петровна* – канд. с.-х. наук, доцент, вед. науч. сотрудник. НПЦ НАН Беларуси по животноводству (ул. Фрунзе, 11, 222163, Жодино, Республика Беларусь). E-mail: belniig@tut.by.

*Шматко Наталья Николаевна* – канд. с.-х. наук, доцент, вед. науч. сотрудник. НПЦ НАН Беларуси по животноводству (ул. Фрунзе, 11, 222163, Жодино, Республика Беларусь). E-mail: belniig@tut.by.

*Тимошенко Марина Владимировна* – канд. экон. наук, вед. науч. сотрудник. НПЦ НАН Беларуси по животноводству (ул. Фрунзе, 11, 222163, Жодино, Республика Беларусь). E-mail: belniig@tut.by.

*Конёк Алла Ивановна* – науч. сотрудник. НПЦ НАН Беларуси по животноводству (ул. Фрунзе, 11, 222163, Жодино, Республика Беларусь). E-mail: belniig@tut.by.

### Information about the authors

*Kazakevich Peter P.* – Corresponding Member, D. Sc. (Engineering), Professor, Deputy Chairman of the Presidium. National Academy of Sciences (66, Nezavisimosti Ave., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: nasb@presidium.bas-net.by.

*Tsimoshanka Uladzimir N.* – Corresponding Member, D. Sc. (Agrarian), Professor, First Deputy Director General. Research and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Breeding (11, Frunze Str., 222160, Zhodino, Republic of Belarus). E-mail: belniig@tut.by.

*Muzyka Andrei A.* – Ph. D. (Agrarian), Associate Professor, Head of the Laboratory. Research and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Breeding (11, Frunze Str., 222160, Zhodino, Republic of Belarus). E-mail: belniig@tut.by.

*Kirikovich Svetlana A.* – Ph. D. (Agrarian), Associate Professor, Leading Researcher. Research and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Breeding (11, Frunze Str., 222160, Zhodino, Republic of Belarus). E-mail: belniig@tut.by.

*Sheigratsova Lyudmila N.* – Ph. D. (Agrarian), Associate Professor, Leading Researcher. Research and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Breeding (11, Frunze Str., 222160, Zhodino, Republic of Belarus). E-mail: belniig@tut.by.

*Puchka Marina P.* – Ph. D. (Agrarian), Associate Professor, Leading Researcher. Research and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Breeding (11, Frunze Str., 222160, Zhodino, Republic of Belarus). E-mail: belniig@tut.by.

*Shmatko Natalia N.* – Ph. D. (Agrarian), Associate Professor, Leading Researcher. Research and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Breeding (11, Frunze Str., 222160, Zhodino, Republic of Belarus). E-mail: belniig@tut.by.

*Timoshenko Marina V.* – Ph. D. (Economy), Leading Researcher. Research and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Breeding (11, Frunze Str., 222160, Zhodino, Republic of Belarus). E-mail: belniig@tut.by.

*Konek Alla I.* – Researcher. Research and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Breeding (11, Frunze Str., 222160, Zhodino, Republic of Belarus). E-mail: belniig@tut.by.