

ISSN 1817-7204(Print)  
ISSN 1817-7239(Online)

**МЕХАΝІЗАЦЫЯ І ЭНЕРГЕТЫКА**  
**MECHANIZATION AND POWER ENGINEERING**

УДК 636.22/.28.084.1:636.085.6  
<https://doi.org/10.29235/1817-7204-2022-60-1-105-113>

Поступила в редакцию 20.07.2021  
Received 20.07.2021

**Н. Г. Бакач<sup>1</sup>, Е. Л. Жилич<sup>1</sup>, А. А. Кувшинов<sup>1</sup>, Ю. Н. Рогальская<sup>1</sup>,  
В. Ф. Радчиков<sup>2</sup>, А. А. Романович<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси  
по механизации сельского хозяйства, Минск, Беларусь*

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

<sup>3</sup>*Белорусский государственный аграрный технический университет, Минск, Беларусь*

**ИННОВАЦИОННЫЙ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ  
КОМПЛЕКТ ОБОРУДОВАНИЯ  
ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ЛЕГКОУСВОЯЕМОГО КОНЦЕНТРАТА**

**Аннотация:** В рыночных условиях ведения молочного скотоводства на первый план рентабельного производства молока выходит проблема повышения продуктивности. Как показывает передовой опыт и зоотехнические исследования, продуктивность коров закладывается уже на уровне выращивания телят молочного периода. Основным кормом телят молочного периода в настоящее время является цельное молоко, но в связи с его дефицитом выпускаются различные заменители, основанные на сухом обезжиренном молоке с различными добавками витаминов и микроэлементов. Однако из-за большой стоимости применение заменителей цельного молока так и не нашло широкого распространения. В связи с этим для увеличения рентабельности молочного скотоводства, а также для ускоренного развития телят приучают к поеданию растительных кормов. Поскольку корма растительного происхождения трудно перевариваемы в молодом организме, то их необходимо перерабатывать в легкоусвояемые. В статье представлены инновационная технология и автоматизированный комплект оборудования для производства легкоусвояемого концентрата на основе местного зернового сырья для ремонтного молодняка. Установлено, что применение инновационного автоматизированного комплекта оборудования для производства легкоусвояемого концентрата для кормления телят молочного периода способствует: быстрому развитию рубца; более высокой усвояемости зерновых компонентов за счет правильной их обработки, поскольку в процессе приготовления концентрата происходит денатурация белка, инактивация антипитательных веществ и гидролизация крахмала до мальтозы; получению оптимальных привесов телят (более 700 г), что приведет к созданию основы для будущей высокой молочной продуктивности коров; упрощению технологии кормления телят; уменьшению расхода молока или ЗЦМ на кормление телят. **Благодарности.** Работа выполнена в рамках российско-белорусской программы «Разработка инновационных энергосберегающих технологий и оборудования для производства и эффективного использования биобезопасных комбикормов для ценных пород рыб, пушных зверей и отдельных видов животных» на 2018–2021 годы («Комбикорм-СГ»).

**Ключевые слова:** телята молочного периода, зернофураж, экструдирование, сухое молоко, сухая сыворотка, усвояемость, легкоусвояемый концентрат, сыгуч, рубец, молозиво, цельное молоко, сухое вещество, обменная энергия, питательные вещества, минеральные компоненты, комплект оборудования

**Для цитирования:** Инновационный автоматизированный комплект оборудования для приготовления легкоусвояемого концентрата / Н. Г. Бакач, Е. Л. Жилич, А. А. Кувшинов, Ю. Н. Рогальская, В. Ф. Радчиков, А. А. Романович // Вест. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2022. – Т. 60, № 1. – С. 105–113. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2022-60-1-105-113>

Nikolay G. Bakach<sup>1</sup>, Evgeny L. Zhilich<sup>1</sup>, Alexander A. Kuvshinov<sup>1</sup>, Vasily F. Radchikov<sup>2</sup>, Anastasia A. Romanovich<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus  
on agricultural mechanization, Minsk, Belarus

<sup>2</sup>Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus  
livestock breeding, Zhodino, Minsk region, Belarus

<sup>3</sup>Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Belarus

### INNOVATIVE AUTOMATED SET OF EQUIPMENT FOR PREPARATION OF EASILY DIGESTIBLE CONCENTRATE

**Abstract:** In the market conditions of dairy cattle breeding, the problem of increasing productivity comes to the fore of cost-effective milk production. As best practices and zootechnical studies show, the productivity of cows is already laid at the level of raising calves of the dairy period. The main feed for calves of the dairy period is currently whole milk, but due to its deficiency, various substitutes based on skimmed milk powder with various additives of vitamins and trace elements are produced. However, due to high cost, the use of whole milk replacers has not been widely used. In this regard, to increase profitability of dairy cattle breeding, as well as for accelerated development, calves are accustomed to consuming vegetable feeds. Since plant-based feeds are difficult to digest in a young body, they must be processed into easily digestible. The paper presents an innovative technology and an automated set of equipment for production of easily digestible concentrate based on local grain raw materials for replacement young animals. It has been determined that the use of an innovative automated set of equipment for production of easily digestible concentrate for feeding calves of the dairy period contributes to: faster development of rumen, higher digestibility of grain components due to proper processing, since during preparation of the concentrate, protein denaturation, inactivation of anti-nutritional substances and starch hydrolysis to maltose occur; obtaining optimal weight gain of calves (over 700 g), which will lead to creation of a basis for future high milk productivity of cows; simplification of calf feeding technology; reducing the consumption of milk or whole milk replacer for feeding calves.

**Acknowledgments.** The research was carried out as part of the Russian-and-Belarusian program “Development of innovative energy-saving technologies and equipment for production and efficient use of biosafe feed for valuable breeds of fish, fur animals and specific species of animals” for 2018-2021 (Compound Feed-SG).

**Keywords:** calves of the dairy period, grain fodder, extrusion, milk powder, dry whey, digestibility, easily digestible concentrate, rennet, rumen, colostrum, whole milk, dry matter, metabolic energy, nutrients, mineral components, equipment set

**For citation:** Bakach N.G., Zhilich E.L., Kuvshinov A.A., Rogalskaya Y.N., Radchikov V.F., Romanovich A.A. Innovative automated set of equipment for preparation of easily digestible concentrate. *Vesti Natsyonal'noy akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2022, vol. 60, no 1, pp. 105-113 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2022-60-1-105-113>

**Введение.** Беларусь входит в пятерку лидеров в мире по экспорту молока и молочных продуктов, поэтому для сохранения занимаемого положения в первую очередь необходимо иметь в стране конкурентоспособное молоко и высокоудойное поголовье [1]. Согласно зоотехническим исследованиям, потенциал молочной продуктивности коровы закладывается уже на этапе выращивания телят и более чем на 60 % зависит от условий их содержания и кормления [2].

На сегодняшний день основным кормом телят молочного периода в хозяйствах Беларуси и России является цельное молоко, поскольку у новорожденного теленка работает только сыгуч, а рубец находится в зачаточном состоянии, поэтому единственным кормом для теленка в первые три дня является молозиво, затем его переводят на кормление жидкими (молочными) кормами, молоком или заменителем цельного молока (ЗЦМ) [2–4]. Однако при дефиците молока на выпойку одного теленка расходуют 350–400 л цельного молока, а с учетом вторичных молочных продуктов (обрат, сыворотка и т.д.) в переводе на сухое вещество телятам скармливают от 12 до 16 % валового производства молочных продуктов. Именно из-за высокой стоимости подобная технология кормления не нашла широкого распространения. В связи с этим для увеличения рентабельности молочного скотоводства, а также для ускоренного развития телят приучают к поеданию растительных кормов. Поскольку корма растительного происхождения трудно перевариваемы в молодом организме, то их необходимо перерабатывать в легкоусвояемые [5–8].

Для решения данной проблемы специалистами Научно-практического центра НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства совместно с сотрудниками Научно-практического центра НАН Беларуси по животноводству в 2018–2021 гг. были проведены исследования по разработке инновационной технологии и автоматизированного комплекта оборудования для производства легкоусвояемого концентрата на основе местного зернового сырья для молодняка животных.

Лидером по производству заменителей цельного молока и специальных сухих концентратов в мире является компания Nutrified (Голландия), она рекомендует следующий порядок кормления телят молочного периода (табл. 1)<sup>1</sup>.

Для эффективного кормления телят молочного периода компания Nutrified, как видно из табл. 1, предлагает на каждом этапе выращивания кормить их различными по составу ЗЦМ, что позволяет постепенно приучать их к поеданию различных по составу комбикормов и других кормов [9]. Растительные корма и специальные комбикорма необходимы для ускоренного развития рубцового пищеварения, которое приводит к более быстрому увеличению привесов и в конечном итоге к росту здоровых телят [10–13]. Кормление телят молочными кормами предусмотрено до 3,5 мес.

Таблица 1. Порядок кормления телят молочного периода согласно рекомендациям голландской фирмы Nutrified, 2012

Table 1. Feeding process of calves of the dairy period according to recommendations of Dutch company Nutrified, 2012

Дни	Вид кормов
1–3	Молозиво
С 4-го дня	ЗЦМ «Нэолак», «Кольволак Голд», кипяченая вода
С 6–7-го дня	ЗЦМ «Кольвомилк», престатер «Кальвофит К», сено высокого качества, кипяченая вода
С 21-го дня	ЗЦМ «Кальволак» и комбикорм на основе «Кольвофит» К5, К10, сено, вода хорошего качества
С 35-го дня	ЗЦМ «Гроулак» экстра, комбикорм на основе «Кольвофит» К20, сено, силос качественный, вода
С 63-го дня и не менее 3,5 месяца	ЗЦМ «Гроулак», комбикорм, сено, корнеплоды, силос, вода

Цель исследования – разработать технологию производства легкоусвояемого концентрата на основе местного зернового сырья для вскармливания телят в раннем возрасте, а также инновационный автоматизированный комплект оборудования для его приготовления с целью снижения расхода цельного молока и ускорения развития молодняка животных.

**Основная часть.** Учитывая острую необходимость в получении высокопродуктивных коров не только в Беларуси, но и в России, в российско-белорусской программе была запланирована «Разработка инновационных энергосберегающих технологий и оборудования для производства и эффективного использования биобезопасных комбикормов для ценных пород рыб, пушных зверей и отдельных видов животных» на 2018–2021 годы, задание «Разработка технологии и комплекта оборудования для производства легкоусвояемого концентрата на основе местного зернового сырья для молодняка животных производительностью 0,7 т/ч»<sup>2</sup>.

Инновационная технология кормления телят молочного периода с использованием в рационе легкоусвояемого концентрата представлена на рис. 1.

Для разработки такой технологии и автоматизированного комплекта оборудования были разработаны специальные рецепты с использованием местных кормов. Состав и стоимость легкоусвояемого концентрата представлены в табл. 2.

Как видно из табл. 2, в состав легкоусвояемого концентрата входят только местный зернофураж и другие местные компоненты. Стоимость 1 кг ЗЦМ, приготовленного в Республике Беларусь, составляет 2,3 руб., импортного – 4,3 руб.

В легкоусвояемый концентрат входит трудно перевариваемый зернофураж, поэтому согласно разработанной технологии он был подвергнут экструдированию. Для придания привлекательных вкусовых качеств, поскольку первые три дня новорожденный теленок питается только молозивом [14], в рецепт включены сухое обезжиренное молоко и сухая сыворотка.

<sup>1</sup> Способ кормления молодняка крупного рогатого скота: пат. 2316226 РФ, МПК А23К 1/00, А23К 1/14, А23К 1/16, А23К 1/18 / В. И. Фирсов; заявитель В. И. Фирсов, В. А. Фойда. № 2005114543/13; заявл. 13.05.2005; опубл. 10.02.2008; Рокицкий П. Ф. Биологическая статистика. Изд. 3-е, испр. Минск: Высшая школа, 1973. 320 с.

<sup>2</sup> Комплект оборудования для производства легкоусвояемого концентрата на основе местного зернового сырья для молодняка животных КЛК-0,7 = Воронежская машиноиспытательная станция / проток приемочных испытаний 06.04.2021, Воронеж 2021. 71 с.

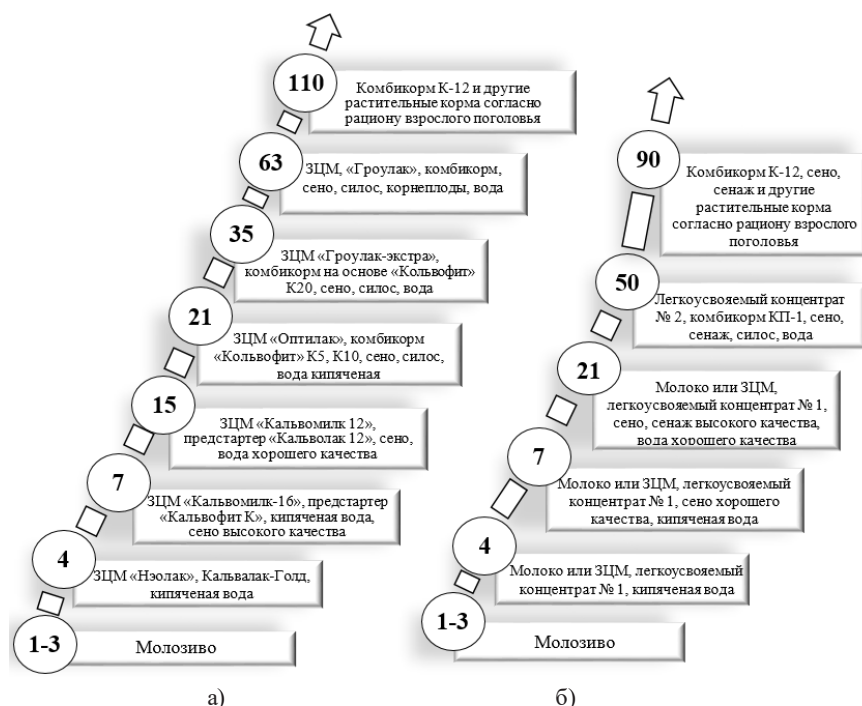


Рис. 1. Технологии кормления телят молочного периода: а) – фирма Nutrified; б) – инновационная

Fig. 1. Feeding technologies for dairy calves: a) – Nutrified company; b) – innovative

Таблица 2. Состав и стоимость легкоусвояемого концентрата, Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, Минск, Беларусь, 2019 г.

Table 2. Composition and cost of easily digestible concentrate, Scientific and Practical Center of the National Academy of Belarus on agricultural mechanization, Minsk, Belarus, 2019

Кормовые компоненты	Стоимость компонентов, входящих в 1 кг концентрата при различных объемах СОМ и СС				Стоимость 1 т компонентов*
	Состав № 1		Состав № 2		
	%	руб.	%	руб.	
Пшеница	20,0	0,096	20,0	0,096	480
Люпин	20,0	0,076	20,0	0,076	380
Рапс	18,5	0,130	18,5	0,130	700
Льносемя	5,0	0,035	5,0	0,035	700
СОМ	10,0	0,650	5,0	0,320	6500
СС (сухая сыворотка)	10,0	0,150	15,0	0,220	1500
Премикс ПКР-1	0,7	0,016	0,7	0,016	2300
Фосфат дефторированный	0,8	0,050	0,8	0,005	650
Комбикорм КР-1	15,0	0,135	15,0	0,135	900
Затраты на приготовление концентрата	–	0,110	–	0,110	110
ИТОГО	100	1,400	100	1,150	1150–1400

\* По данным комбикормовых заводов.

Для освоения разработанной инновационной технологии Научно-практического центра НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства разработан и изготовлен автоматизированный комплект оборудования для приготовления легкоусвояемого концентрата. Схема комплекта оборудования представлена на рис. 2.

Приемочные испытания разработанного комплекта оборудования были проведены ООО «Воронежская МИС» в период 01.01–31.03.2021 г. по программе и методике приемочных испытаний, разработанной ООО «Воронежская МИС», на базе РСДУП «Экспериментальная база «Зазерье»

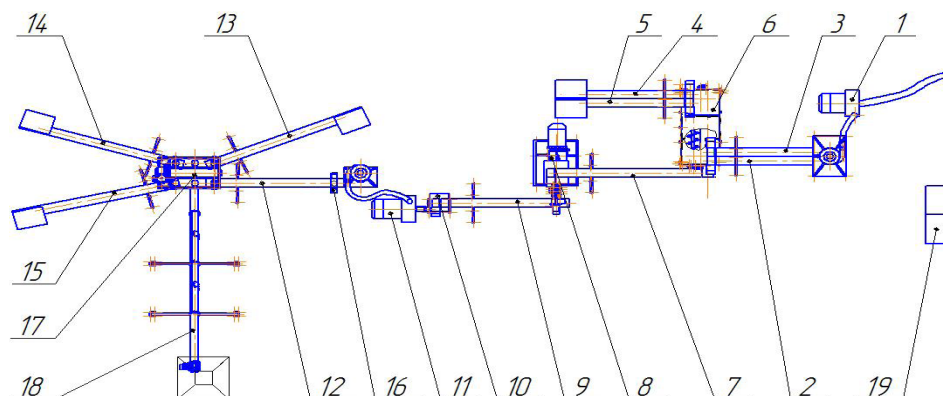


Рис. 2. Схема расстановки оборудования: 1 – дробилка зерновых компонентов; 2 – питатель зерна; 3 – питатель люпина или гороха; 4 – питатель семян льна; 5 – питатель семян рапса; 6 – смеситель винтовой; 7 – конвейер; 8 – экструдер; 9 – охладитель; 10 – бункер экструдата; 11 – дробилка экструдата; 12 – питатель экструдата; 13 – питатель СОМ; 14 – питатель сыворотки сухой; 15 – питатель комбикорма; 16 – узел микродозирования; 17 – смеситель лопастной; 18 – конвейер готовой продукции; 19 – система управления

Fig. 2. Equipment layout: 1 - crusher of grain components; 2 - grain feeder; 3 - feeder for lupine or peas; 4 - flax seed feeder; 5 - rapeseed feeder; 6 - screw mixer; 7 - conveyor; 8 - extruder; 9 - cooler; 10 - hopper of the extrudate; 11 - extrudate crusher; 12 - extrudate feeder; 13 - COM feeder; 14 - dry whey feeder; 15 - compound feed feeder; 16 - microdosing unit; 17 - paddle mixer; 18 - conveyor of finished products; 19 - control system

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» Пуховичского района Минской области в условиях, максимально приближенных к условиям реальной эксплуатации в животноводческих хозяйствах.

Приемочные испытания опытного образца комплекта оборудования проводили с целью проверки и подтверждения соответствия его требованиям технического задания в условиях реальной эксплуатации и принятия решения о возможности постановки на производство.

В ходе проведения приемочных испытаний было установлено, что комплект оборудования соответствует требованиям технического задания и конструкторской документации, а также обеспечивает выполнение технологического процесса приготовления легкоусвояемого концентрата на основе местного зернового сырья для молодняка животных и может использоваться по назначению. Созданная приемочная комиссия рекомендовала поставить комплект оборудования на производство.

Технологические характеристики комплекта оборудования КЛК-0,7 представлены в табл. 3.

Таблица 3. Технологические характеристики комплекта оборудования КЛК-0,7, Экспериментальная база «Зазерье», Пуховичский район, Минская область, Беларусь, 2021 г.

Table 3. Technological characteristics of the KLK-0.7 equipment set, Experimental base “Zazerye”, Pukhovichi district, Minsk region, 2021

Показатель	Значение
Марка	КЛК-0,7
Установленная мощность, кВт	115
Масса оборудования, кг	5500
Количество видов зернофуража, шт.	4
Количество видов обогатительных добавок, шт.	5
Равномерность смешивания, %	90
Количество обслуживающего персонала, чел.	2 (оператор и рабочий)

С целью изучения влияния скармливания легкоусвояемого концентрата молодняку крупного рогатого скота в молочный период, полученного по разработанной технологии, сотрудниками лаборатории кормления и физиологии питания крупного рогатого скота Научно-практического центра НАН Беларуси по животноводству, а также сотрудниками лабора-

тории механизации процессов производства молока и говядины Научно-практического центра НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства были проведены испытания на базе ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита на МТФ «Березовица» Смолевического района Минской области в 2019–2020 гг.

**Методика проведения испытаний.** Для выполнения запланированных задач были отобраны образцы кормов и проведен их анализ. Отбор проб проводили по ГОСТ 27262–87. Химический анализ кормов – в лаборатории биохимических анализов Научно-практического центра НАН Беларуси по животноводству по схеме общего зоотехнического анализа: первоначальная, гигроскопичная и общая влага – ГОСТ 25548–97; общий азот – ГОСТ 134964–93; сырая клетчатка – ГОСТ 13496.2–91; сырой жир – ГОСТ 13496.15–97; сырая зола – ГОСТ 26226–95; сухое и органическое вещество, БЭВ (Е. Н. Мальчевская, Г. С. Миленьякая, 1981; В. Н. Петухова и др., 1989)<sup>3</sup>.

В процессе проведения исследований использовали зоотехнические, биохимические, математические методы анализа [15] и изучали следующие показатели:

- 1) количество заданных кормов и их остатков – методом контрольного кормления;
- 2) химический состав и питательность кормов – путем общего зоотехнического анализа. Химический состав и питательность кормов – путем общего зоотехнического анализа. Химический анализ кормов проводили в лаборатории биохимических анализов Научно-практического центра НАН Беларуси по животноводству;
- 3) интенсивность роста животных – путем контрольного взвешивания в начале и конце отчетного периода.

Экономическую эффективность определяли по следующим показателям: себестоимость производства продукции, затраты кормов на производство продукции.

Цифровой материал проведенных исследований обработан методом вариационной статистики на персональном компьютере с использованием пакета анализа табличного процессора Microsoft Office Excel 2010.

**Результаты исследований.** Научно-хозяйственный опыт проводили в ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» МТФ «Березовица» Смолевического района Минской области. В табл. 4 представлен состав и питательность легкоусвояемого концентрата.

Таблица 4. Состав легкоусвояемого концентрата, Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству, Жодино, Беларусь, 2019 г.

Table 4. Composition value of easily digestible concentrate, Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Breeding, Zhodino, Belarus, 2019

Корма и питательные вещества	Показатель
Комбикорм КР-1	15,0
Пшеница	20,0
Люпин	20,0
Рапс	18,5
Семя льняное	5,0
СОМ	10,0
Сыворотка сухая	10,0
Премикс ПКР-1	0,7
Фосфат дефторированный	0,8

В 1 кг сухого вещества легкоусвояемого концентрата содержалось 12,4 МДж обменной энергии, в 1 кг сухого вещества – 1,37 к. ед. Содержание сырого протеина в 1 кг сухого вещества концентрата – 226 г. Процентное содержание крахмала в сухом веществе – 15,89 %, сахара – 17,04 %, сырого жира в сухом веществе – 11,6 %. Уровень клетчатки в сухом веществе – 5,24 %.

<sup>3</sup> Технологический регламент по приготовлению легкоусвояемого концентрата для молодняка крупного рогатого скота / РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по Животноводству» / рук. темы В. Ф. Радчиков. Жодино, 2021. 13 с.

Соотношение кальция к фосфору – 1,48:1. Приготовленный кормовой концентрат был сбалансирован по основным питательным веществам и минеральным компонентам.

Для проведения опыта по принципу пар-аналогов с учетом возраста и живой массы были сформированы две группы клинически здоровых животных, по 15 гол. в каждой: I контрольная группа – основной рацион (ОР) – комбикорм КР-1, сено + молочные корма; II опытная группа – основной рацион (ОР) – молочные корма с последующей заменой их на легкоусвояемый концентрат с 40–45-дневного возраста. Продолжительность опыта – 100 дней [16, 17].

Кормление молодняка крупного рогатого скота осуществляли дважды в сутки, содержание – безпривязное. Различия в кормлении молодняка крупного рогатого скота состояло в том, что для телят контрольной группы использовали принятый в хозяйстве рацион, а животным опытной группы выпаивали молочные корма (цельное молоко), а в кормосмесь вводили легкоусвояемый концентрат в целях приучения и дальнейшей замены молочных кормов с 45-дневного возраста.

В табл. 5 представлен средний рацион по фактически съеденным кормам за второй месяц исследований по использованию легкоусвояемого концентрата. Приучение телят во II опытной группе к поеданию легкоусвояемого концентрата составило 7 дней.

Таблица 5. Рацион молодняка крупного рогатого скота по фактически съеденным кормам, ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита», Смолевичский район, Минская область, Беларусь, 2019 г.

Table 5. Diet of young cattle based on actually consumed feed, SE “ZhodinoAgroPlemElita”, Smolevichi district, Minsk region, 2019

Корма и питательные вещества	I контрольная группа	II опытная группа
Сено злаковое	0,4	0,55
Силосно-сенажная смесь	0,45	0,5
Молоко цельное	6	3,5
Концентрат легкоусвояемый	–	0,8
Комбикорм КР-1	0,6	–

Показатели прироста живой массы животных очень важны при оценке эффективности использования питательных веществ кормов рациона. Использование в составе рациона молодняк крупного рогатого скота легкоусвояемого концентрата положительно отразилось на продуктивности телят (табл. 6).

Таблица 6. Изменение живой массы животных за 100 дней выращивания, ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита», Смолевичский район, Минская область, Беларусь, 2020 г.

Table 6. Changes in body weight of animals in 100 days of rearing, SE “ZhodinoAgroPlemElita”, Smolevichi district, Minsk region, 2020

Показатель	I контрольная группа	II опытная группа
Живая масса, кг:		
начало опыта	41,2±0,4	41,3±0,50
за 100 дней исследований	107±0,4	116,6±0,3
Прирост за опыт, кг	65,9±0,3	75,3±0,5
Среднесуточный прирост, г	658,9±3,4	752,7±5
в % к контролю	100	111,2

На основании проведенных контрольных взвешиваний установлено, что за период опыта наибольший уровень отмечен у телят, получавших легкоусвояемый концентрат, – 753 г прирост живой массы в сутки, или выше контроля на 11,2 %.

Из графика кормления телят видно, что количество молочных кормов по интенсивной технологии применяется значительно меньше, поскольку телята в более раннем возрасте начинают поедать растительные корма.

Как показали исследования, уже после 7 дней привыкания телят к растительным кормам они начинают поедать легкоусвояемый концентрат благодаря включению в его состав сухого обезжиренного молока и сухой сыворотки. Переработка всего зернофуража, входящего в легкоусво-

яемый концентрат, методом экструдирования позволяет провести инактивацию антипитательных веществ и превращение других компонентов зернофуража в более усвояемые корма. Так, крахмал, входящий в состав зернофуража, превращается в простейшие сахара и т.д.

### Выводы

В результате проведенных исследований в части получения легкоусвояемого полнорационного концентрата было разработано несколько рецептов и технических регламентов, учитывающих состав и качество зернобобового фуража разных регионов, а также разработаны технология и инновационный автоматизированный комплект оборудования, позволяющий переработать местный зернофураж в легкоусвояемый концентрат. В рецептах представлен количественный состав зерновых и масличных культур, а также необходимое содержание питательных веществ и аминокислот, что позволяет формировать генетический потенциал дойного стада при выращивании телят молочного периода.

Для выполнения запланированных задач по изучению химического состава и питательности легкоусвояемого концентрата на основе местного зернового сырья был произведен зоотехнический анализ легкоусвояемого концентрата, кормосмеси, силосно-сенажной смеси, а также злакового сена. Установлено, что применение инновационной технологии кормления телят молочного периода способствует более быстрому развитию рубца, а также более высокой усвояемости зерновых компонентов, поскольку в процессе приготовления концентрата происходит денатурация белка, инактивация антипитательных веществ и гидролизация крахмала до мальтозы, что позволяет получить привес телят (более 700 г) и уменьшить расход молока или ЗЦМ на их кормление.

**Благодарности.** Работа выполнена в рамках российско-белорусской программы «Разработка инновационных энергосберегающих технологий и оборудования для производства и эффективного использования биобезопасных комбикормов для ценных пород рыб, пушных зверей и отдельных видов животных» на 2018–2021 годы (Комбикорм-СГ), задание «Разработка технологии и комплекта оборудования для производства легкоусвояемого концентрата на основе местного зернового сырья для молодняка животных производительностью 0,7 т/ч».

### Список использованных источников

1. Инновационная технология и оборудование для выращивания телят в молочный период / В. И. Передня [и др.] // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2020. – Т. 58, № 1. – С. 226–234. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2020-58-2-226-234>
2. Плященко, С. И. Получение и выращивание здоровых телят / С. И. Плященко, В. Т. Сидоров, А. Ф. Трофимов. – Минск : Ураджай, 1990. – 222 с.
3. Кудрин, М. Р. Технология содержания и кормления телят молочного периода с использованием автоматизированной станции выпойки телят в колхозе (СХПК) им. Мичурина Вавожского района / М. Р. Кудрин, Е. А. Фефилова, И. А. Воронцов // Вестн. Ижев. гос. с.-х. акад. – 2013. – № 2 (35). – С. 52–54.
4. Бекенов, Д. М. Технология содержания и кормления телят в молочный период / Д. М. Бекенов, А. А. Спанов, С. Н. Саримбекова // Актуальные проблемы и перспективы развития ветеринарной и зоотехнической наук : материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, г. Чебоксары, 22 нояб. 2019 г. / Чуваш. гос. с.-х. акад. – Чебоксары, 2019. – С. 322–326.
5. Разработка технологии высокоусвояемых комбикормов с вакуумным напылением жидких компонентов / В. А. Афанасьев [и др.] // Вестн. Воронеж. гос. ун-та инженер. технологий. – 2021. – Т. 83 № 1 (87). – С. 94–101. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-1-94-101>
6. Использование отходов переработки продукции растениеводства в производстве комбикормов-стартеров для молодняка крупного рогатого скота / А. Б. Москвичева [и др.] // Зерновое хоз-во России. – 2017. – № 2 (50). – С. 51–57.
7. Корма и биологически активные вещества / Н. А. Попков [и др.]. – Минск : Беларус. навука, 2005. – 882 с.
8. Исследование кинетических закономерностей процесса экструдирования зерновых культур при производстве высокоусвояемых комбикормов с защищенным белком для крупного рогатого скота / В. А. Афанасьев [и др.] // Вестн. Воронеж. гос. ун-та инженер. технологий. – 2021. – Т. 83, № 1 (87). – С. 44–54. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-1-44-54>
9. Обоснование конструкции оборудования для приготовления ферментированного корма / П. А. Савиных [и др.] // Вестн. ВИЭСХ. – 2018. – № 4 (33). – С. 29–33.
10. Кудрин, М. Р. Внедрение передовых технологий содержания и кормления телят в молочный период / М. Р. Кудрин, С. Н. Ижболдина, Е. А. Фефилова // Тр. Куб. гос. аграр. ун-та. – 2013. – № 43. – С. 248–250.



11. Головань, В. Т. Рациональное оборудование для выращивания телят в молочный период / В. Т. Головань, Н. И. Подворок, Д. А. Юрин // Науч. тр. ГНУ ВНИИМЖ Россельхозакад. – 2009. – Т. 20, № 2. – С. 105–108.
12. Баранов, Н. Ф. Исследование рабочего процесса измельчителя хвойной лапки с комбинированным рабочим органом / Н. Ф. Баранов, В. С. Фуфачев, И. В. Ступин // Вестн. НГИЭИ. – 2018. – № 3 (82). – С. 51–61.
13. Нечаев, В. Н. Концептуальные основы модернизации технологии приготовления жидких высокоуглеводных кормов из зернового сырья для сельскохозяйственных животных / В. Н. Нечаев // Междунар. техн.-экон. журн. – 2018. – № 6. – С. 15–21.
14. Клычев, Е. М. Аппаратурно-технологическая схема многофункциональной установки для кормления телят в молочный период / Е. М. Клычев, А. А. Смирнов // Вестн. ВИЭСХ. – 2018. – № 1 (30). – С. 62–66.
15. Суховольский, О. К. Оценка зависимости роста и развития телят в молочный период от технологии кормления / О. К. Суховольский, И. В. Гордаш // Актуальные проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса: российский и зарубежный опыт : сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф., 29 марта 2019 г. / Ом. гос. аграр. ун-т [и др.]. – Омск, 2019. – С. 193–197.
16. Шалина, М. Н. Изучение различных технологий содержания и кормления телят в молочный период / М. Н. Шалина // Вестн. Алт. гос. аграр. ун-та. – 2003. – № 4 (12). – С. 103–104.
17. Эффективность применения концентрированных и грубых кормов при выращивании телят молочного периода / Н. Г. Фенченко [и др.] // Сборник научных трудов ФГБНУ КНЦЗВ / Краснодар. науч. центр по зоотехнии и ветеринарии. – Краснодар, 2018. – Вып. 7, т. 2. – С. 248–253.

## References

1. Perednya V. I., Tsoy Yu. A., Bakach N. G., Radchikov V. F., Romanovich A. A., Zhilich E. L. Innovative technology and equipment for calves rearing during preweaning period. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2020, vol. 58, no. 1, pp. 226-234 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2020-58-2-226-234>
2. Plyashchenko S. I., Sidorov V. T., Trofimov A. F. *Breeding and growing healthy calves*. Minsk, Uradzhai Publ., 1990. 222 p. (in Russian).
3. Kudrin M. R., Fefilova E. A., Vorontsov I. A. Technology content and weaning of calves feeding period using the automated station feeding calves in the kolkhoz (SHPK) the name of the Vavozh district of Michurin. *Vestnik Izhevskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy*, 2013, no. 2 (35), pp. 52-54 (in Russian).
4. Bekenov D. M., Spanov A. A., Sarimbekova S. N. Technology of calves maintenance and feeding in dairy period. *Aktual'nye problemy i perspektivy razvitiya veterinarnoi i zootekhnicheskoi nauk : materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, g. Cheboksary, 22 noyabrya 2019 g.* [Actual problems and prospects for the development of veterinary and zootechnical sciences: proceedings of the All-Russian scientific and practical conference with international participation, Cheboksary, November 22, 2019]. Cheboksary, 2019, pp. 322-326 (in Russian).
5. Afanasiev V. A., Ostrikov A. N., Bogomolov I. S., Filiptsov P. V., Frolova L. N. Development of technology of highly accessible compound feeds with vacuum spraying of liquid components. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii = Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 2021, vol. 83, no. 1 (87), pp. 94-101 (in Russian). <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-1-94-101>
6. Moskvicheva A. B., Shaydullin R. R., Ziganshin B. G., Sharafutdinov G. S. The use of wastes of plant processing in the production of mixed fodders-starters for young cattle. *Zernovoe khozyaistvo Rossii = Grain Economy of Russia*, 2017, no. 2 (50), pp. 51-57 (in Russian).
7. Popkov N. A., Fisinin V. I., Egorov I. A., Ponomarenko Yu. A., Sharshunov V. A., Ponomarenko V. S. *Feeds and biologically active substances*. Minsk, Belaruskaya navuka Publ., 2005. 882 p. (in Russian).
8. Afanasiev V. A., Frolova L. N., Sizikov K. A., Ostrikov A. N., Vasilenko V. N. Study of the kinetic regularities of the grain extrusion process in the production of highly digestible feed with protected protein for cattle. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii = Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 2021, vol. 83, no. 1 (87), pp. 44-54 (in Russian). <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-1-44-54>
9. Savinykh P. A., Obolensky N. V., Bulatov S. Yu., Vandyshva M. S. The justification for the design of equipment for the preparation of fermented feed. *Vestnik VIESKh [VIESH Bulletin]*, 2018, no. 4 (33), pp. 29-33 (in Russian).
10. Kudrin M. R., Izhboldina S. N., Fefilova E. A. Introduction of front-rank technologies of calves maintenance and feeding in suckling period. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Proceedings of the Kuban State Agrarian University*, 2013, no. 43, pp. 248-250 (in Russian).
11. Golovan V. T., Podvorok N. I., Yurin D. A. Rational equipment for raising calves in the dairy period. *Nauchnye trudy GNU VNIIMZh Rossel'khozakademii* [Scientific works of the GNU VNIIMZH of the Russian Agricultural Academy], 2009, vol. 20, no. 2, pp. 105-108 (in Russian).
12. Baranov N. F., Fufachev V. S., Stupin I. V. The study workflow chopper coniferous paws with combined working body. *Vestnik NGIEI = Bulletin NGIEI*, 2018, no. 3 (82), pp. 51-61 (in Russian).
13. Nechaev V. N. Conceptual bases of high-carbohydrate liquid feeds from grain raw materials for agricultural animals' production modernization technology. *Mezhdunarodnyi tekhniko-ekonomicheskii zhurnal = International Technical and Economic Journal*, 2018, no. 6, pp. 15-21 (in Russian).

14. Klychev E. M., Smirnov A. A. Hardware-technological scheme of multifunctional installation for feeding calves in dairy period. *Vestnik VIESKh* [VIESH Bulletin], 2018, no. 1 (30), pp. 62-66 (in Russian).

15. Sukhovolskiy O. K., Gordash I. V. Estimation of dependence of growth and development of calves in the dairy period from feeding technology. *Aktual'nye problemy i perspektivy razvitiya agropromyshlennogo kompleksa: rossiiskii i zarubezhnyi opyt: sbornik materialov Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, 29 marta 2019 g.* [Actual problems and prospects of development of the agro-industrial complex: Russian and foreign experience: collection of materials of the International scientific and practical conference, March 29, 2019]. Omsk, 2019, pp. 193-197 (in Russian).

16. Shalina M. N. The study of various technologies for keeping and feeding calves during the dairy period. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2003, no. 4 (12), pp. 103-104 (in Russian).

17. Shagaliev F. M., Khairullina N. I., Kilmetova I. R., Togobitskaya D. R. Place of trace elements in biology of farm animals. *Sbornik nauchnykh trudov FGBNU KNTsZV* [Collection of scientific works of the Krasnodar Scientific Center for Zootechnics and Veterinary Medicine]. Krasnodar, 2018, iss. 7, vol. 2, pp. 248-253 (in Russian).

### Информация об авторах

*Бакач Николай Георгиевич* – кандидат технических наук, доцент, зам. генерального директора по научной работе, Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства (ул. Кнорина, 1, 220049, г. Минск, Республика Беларусь).

*Жилич Евгений Леонидович* – зав. лабораторией механизации процессов производства молока и говядины, Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства (ул. Кнорина, 1, 220049, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: npc\_mol@mail.ru

*Кувшинов Александр Александрович* – научный сотрудник лаборатории механизации процессов производства молока и говядины, Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства (ул. Кнорина 1, 220049, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: npc\_mol@mail.ru

*Рогальская Юлия Николаевна* – младший научный сотрудник лаборатории механизации процессов производства молока и говядины, Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства (ул. Кнорина 1, 220049, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: npc\_mol@mail.ru

*Радчиков Василий Фёдорович* – доктор с.-х. наук, профессор, заведующий лабораторией кормления и физиологии питания крупного рогатого скота, Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству (ул. Фрунзе, 11, 222163, г. Жодино, Минская область, Республика Беларусь). E-mail: labkrs@mail.ru ; <http://orcid.org/0000-0003-4090-6635>

*Романович Анастасия Андреевна* – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологий и механизации животноводства, Белорусский государственный аграрный технический университет (пр-т Независимости, 99, 220023, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: raa.tzmz@bsatu.by

### Information about the authors

*Nikolay G. Bakach* - Ph. D. (Engineering), Associate Professor. Scientific and Production Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Agricultural Mechanization (1, Knorina Str., Minsk 220049, Republic of Belarus).

*Evgeny L. Zhilich* - Scientific and Production Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Agricultural Mechanization (1, Knorina Str., Minsk 220049, Republic of Belarus). E-mail: npc\_mol@mail.ru

*Alexander A. Kuvshinov* - Scientific and Production Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Agricultural Mechanization (1, Knorina Str., Minsk 220049, Republic of Belarus). E-mail: npc\_mol@mail.ru

*Yulia N. Rogalskaya* - Scientific and Production Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Agricultural Mechanization (1, Knorina Str., Minsk 220049, Republic of Belarus). E-mail: npc\_mol@mail.ru

*Vasily F. Radchikov* - D. Sc. (Agricultural), Professor. Scientific and Production Center of Belarus on animal husbandry (11, Frunze Str., Zhodino 222163, Minsk region, Republic of Belarus). E-mail: labkrs@mail.ru ; <http://orcid.org/0000-0003-4090-6635>

*Anastasia A. Romanovich* - Ph. D. (Engineering), Associate professor. Belarusian State Agrarian Technical University (99, Nezavisimosti Ave., Minsk 220023, Republic of Belarus). E-mail: raa.tzmz@bsatu.by