

**ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ И ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ /
TECHNOLOGY AND EQUIPMENT FOR MECHANICAL AND PHYSICAL-TECHNICAL PROCESSING**

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.145.94>

**ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КОРМОВ И КОРМОВЫХ
ДОБАВОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗАМОРАЖИВАНИЯ ЗЕРНОВОГО СЫРЬЯ И ПРОДУКТОВ ЕГО
ПЕРЕРАБОТКИ**

Научная статья

Антимонов С.В.^{1,*}, Белов А.Г.², Кишкилев С.В.³, Василевская С.П.⁴, Ханин В.П.⁵

² ORCID : 0000-0003-3824-5436;

³ ORCID : 0000-0003-2262-1863;

⁴ ORCID : 0000-0003-4090-5288;

⁵ ORCID : 0009-0002-4262-3399;

^{1, 2, 3, 4, 5} Оренбургский государственный университет, Оренбург, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (antimonov.stas[at]yandex.ru)

Аннотация

Существование РФ в условиях санкционных ограничений ставит задачи по снижению себестоимости продукции во всех отраслях народного хозяйства и промышленности, что можно реализовать путем внедрения инновационных технологий и нестандартных методов решения возникающих проблем.

Необходимо отметить, что это касается и сферы кормопроизводства, так как удешевление технологии выработки комбикормов позволит их сделать более доступными для сферы животноводства и птицеводства, а следовательно увеличить производство мясной и молочной продукции. В результате литературно-патентного обзора и проведения собственных исследований нами было установлено, что одним из перспективных направлений совершенствования технологий кормопроизводства является использование для измельчения зернового сырья, предварительно замороженного до отрицательных температур. В этом состоянии влага, содержащаяся в порах зерна, превращается в лёд, расширяясь и разрушая структуру материала, что способствует облегчению процесса измельчения.

С этой целью длительное время на кафедре МАХПП проводятся исследования по влиянию отрицательных температур на качественные и количественные показатели проведения процесса измельчения зерна и продуктов его переработки, в частности различных видов лузги и для производства комбикормов, добавок к ним в рассыпном и виде экструдатов.

Исследование показали, что шоковая заморозка зернового сырья и продуктов его переработки, в частности лузги подсолнечника и гречихи, позволяет снизить энергозатраты на его измельчение и повысить питательные свойства получаемого корма. Таким образом, на основании полученных результатов исследований нами была предложена технологическая линия производства кормов и кормовых добавок с использованием замороженного зернового сырья и продуктов его переработки, проведено её экономическое обоснование.

Ключевые слова: технологическая схема, измельчение, замораживание, зерновое сырьё, производительность, экономическая эффективность.

**ECONOMIC SUBSTANTIATION OF THE TECHNOLOGY OF PRODUCTION OF FODDERS AND FEED
SUPPLEMENTS WITH THE USE OF FREEZING OF GRAIN RAW MATERIALS AND PRODUCTS OF ITS
PROCESSING**

Research article

Antimonov S.V.^{1,*}, Belov A.G.², Kishkilev S.V.³, Vasilevskaya S.P.⁴, Khanin V.P.⁵

² ORCID : 0000-0003-3824-5436;

³ ORCID : 0000-0003-2262-1863;

⁴ ORCID : 0000-0003-4090-5288;

⁵ ORCID : 0009-0002-4262-3399;

^{1, 2, 3, 4, 5} Orenburg State University, Orenburg, Russian Federation

* Corresponding author (antimonov.stas[at]yandex.ru)

Abstract

The existence of the Russian Federation under the sanctions restrictions sets the task of reducing production costs in all sectors of the economy and industry, which can be implemented through the introduction of innovative technologies and non-standard methods of solving emerging problems.

It should be noted that this also applies to the sphere of fodder production, as the cheapening of feed production technology will make them more affordable for livestock and poultry farming, and consequently increase the production of meat and dairy products. As a result of literature-patent review and carrying out of own researches it has been established by us that one of perspective directions of perfection of technologies of fodder production is use for grinding of grain raw materials preliminary frozen to negative temperatures. In this state, the moisture contained in the pores of the grain turns into ice, expanding and destroying the structure of the material, which contributes to facilitating the grinding process.

For this objective the researches on influence of negative temperatures on qualitative and quantitative indicators of carrying out of process of grinding of grain and products of its processing, in particular various kinds of hull and for

manufacture of mixed fodders, additives to them in loose and as extrudates are carried out for a long time at the faculty of MACFI.

The study showed that blast freezing of grain raw materials and its products, in particular sunflower husk and buckwheat, allows to reduce energy consumption for its grinding and increase the nutritional properties of the resulting feed. Thus, on the basis of the obtained research results we proposed a technological line of production of fodder and feed additives with the use of frozen grain raw materials and products of its processing, its economic substantiation was carried out.

Keywords: technological scheme, grinding, freezing, grain raw material, productivity, economic efficiency.

Введение

На основе результатов исследований была разработана технология изготовления экструдированных комбикормов с добавками, включающая заморозку перед измельчением исходного сырья (рисунок 1). Общая схема технологии включает следующие этапы: в бункере 1 загружаются лузга (подсолнечника, гречихи) и мучные отруби, далее сырье подается на установку шоковой заморозки 4, работающую в различных режимах для лузги и мучного сырья. Лузга направляется на молотковую дробилку 5, а мучные отруби на роторную дробилку 6. Воздействие охлаждения замороженным воздухом на оболочку и мелкую часть зерна делает их хрупкими, что позволяет эффективно измельчать оболочку до потери её режущих свойств в молотковой дробилке 5, а также эффективно измельчать мелкую часть зерна до размера частиц менее 100 микрометров в роторной дробилке 6.

Это позволяет безопасно вводить оболочку в корм животных, не беспокоясь о её острой кромке, а также добавлять измельченное мучное сырье (отруби) размером менее 100 микрометров в экструдированные комбикорма, что улучшает усвояемость [2], [3].

Методы и принципы исследования

Исходные сыпучие компоненты, хранящиеся в бункерах 1, роторными дозаторами, которые установлены в нижней части бункеров подаются в строго определенной порции на установку шоковой заморозки 4.

После шоковой заморозки сыпучий компонент подается в молотковую дробилку 5, и роторную дробилку 6, за тем измельчения продукт попадает на ленточный транспортер 9, для дальнейшего увлажнения, как только измельченный продукт достигает бункеров для хранения жидких компонентов 6, включается привод объемных дозаторов 2, установленных в нижней части бункеров и каждый из жидких компонентов в строго определенном количестве подается в соответствующие форсунки 8. Затем жидкие компоненты с помощью форсунок 8, распыляются над поверхностью сыпучих компонентов, находящихся на ленте транспортера 9. В процессе перемещения сыпучи компоненты смешиваются в смесителе 10. При этом происходит насыщение твердых компонентов сырья жидкими компонентами. Далее полученная смесь направляется в экструдер 11. Затем обработанная смесь через загрузочный патрубков поступает в рабочую камеру экструдера 11. Включается привод и вращается шнек экструдера 11, начинает захватывать и перемещать продукт, который последовательно проходит через зоны загрузки, смешивания, гомогенизации и дозирования. По мере продвижения смесь перемешивается в зоне смешивания, нагревается и размягчается до получения однородной среды. При дальнейшем ее продвижении происходит уплотнение в зоне сжатия за счет уменьшающегося свободного объема, ограниченного стенками корпуса и поверхностью рабочих органов и корпус продукт разогревается.

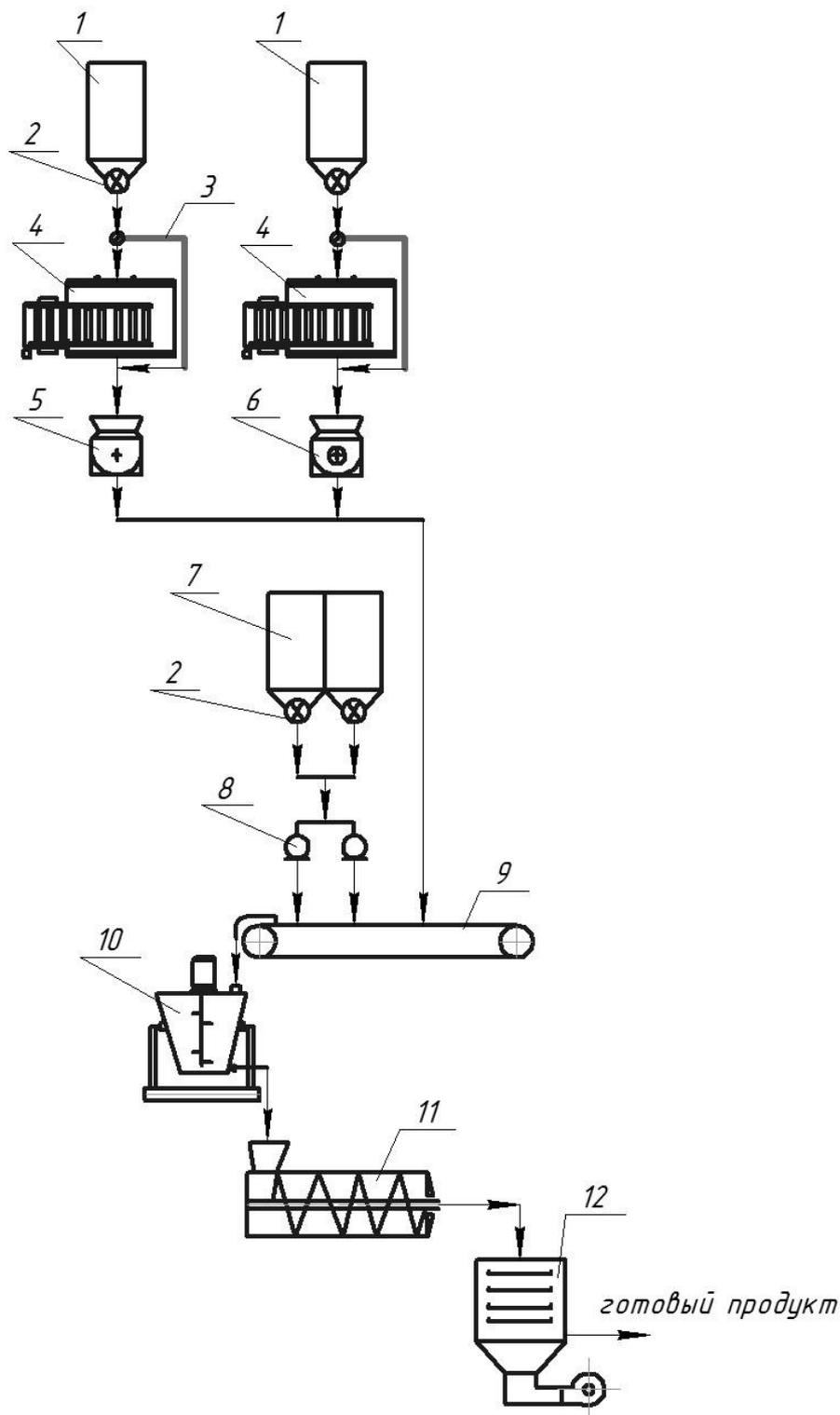


Рисунок 1 - Технологическая схема производства экструдированных комбикормов и добавок с заморозкой исходного сырья:

1 - бункера для хранения сыпучих компонентов; 2 - дозаторы; 3 - резервные трубопроводы для возможного прохождения продукта без шоковой заморозки; 4 - установок шоковой заморозки для обработки отходов исходного сырья (лузга подсолнечника, гречихи и отрубей); 5 и 6 – роторные дробилки; 7 - бункера для хранения жидких компонентов; 8 - форсунки для распыления жидких компонентов; 9 - ленточный транспортер; 10 - смеситель; 11 - экструдер; 12 - сушилка

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.145.94.1>

В процессе гомогенизации размягченные гранулы превращаются в расплав под действием возрастающего давления. Уменьшение межвиткового объема шнека в пределах зоны гомогенизации способствует дегазации и постепенному повышению давления продукта. В этой зоне смесь полностью переходит из твердой фазы в вязкопластичную, происходит плавление благодаря преобразованию механической энергии в тепловую и внутреннему трению в продукте [4], [5].

Давление расплава экструдата в зоне дозирования достигает нужного уровня, что приводит к окончательному расплавлению мелких включений и образованию однородного по структуре и температуре расплава. Это необходимо для обеспечения заданной однородной по сечению температуры расплава продукта. Затем продукт попадает в предматричную зону. После выхода из матрицы происходит мгновенное испарение влаги из-за резкого перепада температуры и давления, что приводит к образованию пористой структуры и увеличению объема экструдата. После этого экструдат направляется в ленточную сушилку 12, где теплоноситель проникает через слой продукта по ленте, высушивая его, а затем удаляется из сушилки 12.

В технологическую схему можно добавить смеситель для более равномерного распределения жидких компонентов между частицами смеси лузги и мучнистого сырья, что способствует получению более однородного по влажности и содержанию сухих веществ экструдированного комбикорма и, следовательно, повышению его качества [5], [6], [7], [8].

Нами были проведены опыты по изучению эффективности полученной экструдированной кормосмеси.

Производство осуществлялось двумя технологиями: традиционной и авторской. Сырье подготавливалось путем увлажнения до рекомендуемой влажности, измельчения в молотковой дробилке и экструзии [8], [9], [10], [11]. При использовании авторской технологии зерно замораживали методом шоковой заморозки до -10°C , перед измельчением. Готовую продукцию упаковывали в мешки с использованием упаковочного полуавтомата. После перехода на стационарный режим для каждой технологии измеряли параметры, представленные в таблице 2.

Также была проведена оценка эффективности технологического процесса с использованием интегральных критериев с помощью программного обеспечения, основанная на методике интегральной оценки эффективности авторской технологии [11].

Основные результаты

Для подтверждения разработанной технологии были проведены полупромышленные испытания на ОАО «Оренбургский комбикормовый завод» (г. Оренбург).

Рабочий период предприятия составляет 236 рабочих дней в году; предприятие в состоянии реализовать всю производимую продукцию.

Суточная мощность производства экструдирования зерносмеси при 8 часовой работе цеха составит 2480 кг для традиционной технологии или 3600 кг экструдированной зерносмеси произведенной по предлагаемой технологии. Плановая численность работающих составляет 4 человека, из которых рабочих – 3 человек, ИТР – 1 человек.

При перепрофилировании цеха было необходимо изготовление измельчителя для проведения измельчения замороженного зернового сырья (ориентировочные затраты 900 тыс. руб. в ценах на 1.09.2020 г.).

Все остальное оборудование имелось в наличии (балансовая стоимость на 1.09.2020 г. – 2000 тыс.руб.). Расчет произведен в ценах на 01.09.2023 г.

Таблица 1 - Параметры процесса производства зерносмеси

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.145.94.2>

№ п/п	Наименование параметров технологического процесса	Вид производства	
		традиционное	замораживание
1	Производительность, кг/ч	310	450
2	Расход электроэнергии, кВт/ч	10,5	10
3	Влажность пшеницы, %	14	14
4	Влажность ячменя, %	14,5	14,5
5	Влажность проса, %	13,5	13,5
6	Закладка соли на 100 кг зернового сырья, кг	1	1
7	Влажность соли, %	3,5	3,5
8	Потери при замораживании зерносмеси, %	0	0,01
9	Потери при измельчении зерносмеси, %	0,1	0,05
10	Потери при экструдировании зерносмеси, %	0,2	0,1
11	Потери солевого раствора, %	0,5	0,5

12	Влажность материала подвергаемого измельчению и экструдированию, %	16	20
13	Влажность готового продукта, %	10	10
14	Потери при упаковке, %	1	1
15	Расход мешков на 100 кг готовой продукции, шт.	0,5	0,5

Таблица 2 - Показатели эффективности технологии производства зерносмеси

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.145.94.3>

№ п/п	Наименование показателя	Вид производства	
		без заморозки	с заморозкой
1	Критерий безотходности	0,8274	0,8304
2	Критерий глубины переработки сырья	0,9352	0,9463
3	Критерий экологичности	0,9880	0,9930
4	Интегральный критерий	0,7644	0,7803
5	Удельные затраты энергии на проведение процесса, кВт/кг	0,955	0,563
6	Выход готовой продукции из 100 кг крупяного сырья, кг	95,0	95,3

Данные таблицы 2 свидетельствуют о повышении эффективности технологии выработки зерносмеси с применением замораживания зернового сырья. Интегральный критерий увеличился с 0,7644 до 0,7803. Причем удельные затраты энергии на проведение процесса значительно сокращаются с 0,034 кВт/кг. до 0,022 кВт/кг.

Заключение

Использование разработанной технологии, вместо традиционной на предприятии позволит:

Увеличить прибыль на 2297,38 тыс. руб.;

Увеличить рентабельность продукции на 7,2 %;

Снизить срок окупаемости на 0,05 года.

Снизить затраты на один руб. товарной продукции на 0,18 руб.

Таким образом, использование предложенной технологической схемы с применением шоковой заморозки позволит, по сравнению с применяемой технологией:

1) расширить ассортимент выпускаемых многокомпонентных комбикормов заданной пищевой ценности, адаптированных для различных видов животных;

2) повысить перевариваемость крупнорогатого скота и других с/х животных.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Коротков В.Г. Математическая модель измельчителя зерна ударно-истирающего действия / В.Г. Коротков, В.Ю. Полищук [и др.] // Техника в сельском хоз-ве. — 2001. — № 6. — С. 6-8.
2. Коротков В.Г. Идентификация параметров продукто-воздушного слоя в измельчителях зерна ударно-истирающего действия / В.Г. Коротков, В.Ю. Полищук [и др.] // Вестник ОГУ. — 2002. — №5. — С. 192-194.
3. Шахов В.А. Кинематические и динамические аспекты взаимодействия ингредиентных частиц с функциональными элементами рабочей камеры измельчителя зернового материала / В.А. Шахов, Е.М. Асманкин [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. — 2017. — №3(65). — С. 87-89
4. Попов В.П. Математическая модель измельчения зернового сырья в дробилках центробежного типа / В.П. Попов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. — 2017. — №2(64). — С. 77-79.
5. Ромадина Ю.А. Теоретические основы технологии переработки продукции растениеводства / Ю.А. Ромадина, Ю.А. Волкова. — Самара: РИЦ СГСХА, 2012. — 308 с.
6. Сысоев В.Н. Оборудование перерабатывающих производств / В.Н. Сысоев, С.А. Толпекин. — Самара: РИЦ СГСХА, 2013. — 174 с.
7. Белов А.Г. Практические рекомендации по внедрению в сельскохозяйственное производство Оренбургской области инновационной разработки энерго- и ресурсосберегающей техники и технологии производства экструдированных кормов с ультрадисперсными частицами на основе сырья оренбургской области / А.Г. Белов, С.В. Кишкилев [и др.] — Оренбург: ИЦ ОГАУ, 2019. — 20 с.
8. Анциферов С.И. Проектирование молотковой дробилки СМД-97А с различными вариантами исполнения молотков / С.И. Анциферов // Межвуз. сб. науч. статей БГТУ им. В.Г. Шухова. — 2017. — С. 324-330.
9. Титов В.А. Программно-математический комплекс для создания специальных зубчатых передач измельчителей / В.А. Титов // Изв. Самарского НЦ РАН. — 2011. — №6. — С. 246-251.
10. Алексеев С.А. Основные тенденции обеспечения кормами молочного скотоводства / С.А. Алексеев // Эконом., труд, управл. в сельском хоз-ве. — 2020. — № 3. — С. 110-114.
11. Антимонов С.В. Пути решения проблемы переработки отходов в отрасли / С.В. Антимонов [и др.] // Вестник Оренбургского государственного университета. — 2003. — № 1.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Korotkov V.G. Matematicheskaja model' izmel'chitelja zerna udarno-istirajushhego dejstvija [Mathematical model of a grain grinder with impact-abrasive action] / V.G. Korotkov, V.Ju. Polishhuk [et al.] // Tehnika v sel'skom hoz-ve [Agricultural technology]. — 2001. — № 6. — P. 6-8. [in Russian]
2. Korotkov V.G. Identifikacija parametrov produkto-vozdushnogo sloja v izmel'chiteljah zerna udarno-istirajushhego dejstvija [Identification of parameters of the product-air layer in grain grinders of impact-abrasive action] / V.G. Korotkov, V.Ju. Polishhuk [et al.] // Vestnik OGU [Bulletin of OSU]. — 2002. — №5. — P. 192-194. [in Russian]
3. Shahov V.A. Kinematičeskie i dinamicheskie aspekty vzaimodejstvija ingredientnyh chastic s funkcional'nymi jelementami rabochej kamery izmel'chitelja zernovogo materiala [Kinematic and dynamic aspects of the interaction of ingredient particles with the functional elements of the working chamber grinder of grain material] / V.A. Shahov, E.M. Asmankin [et al.] // Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [News of the Orenburg State Agrarian University]. — 2017. — №3(65). — P. 87-89 [in Russian]
4. Popov V.P. Matematicheskaja model' izmel'čeniya zernovogo syr'ja v drobilkah centrobežnogo tipa [Mathematical model of grinding grain raw materials in centrifugal crushers] / V.P. Popov // Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [News of the Orenburg State Agrarian University]. — 2017. — №2(64). — P. 77-79. [in Russian]
5. Romadina Ju.A. Teoreticheskie osnovy tehnologii pererabotki produkcii rastenievodstva [Theoretical foundations of technology for processing crop products] / Ju.A. Romadina, Ju.A. Volkova. — Samara: RIC SGSXA, 2012. — 308 p. [in Russian]
6. Sysoev V.N. Oborudovanie pererabatyvajushhih proizvodstv [Equipment for processing industries] / V.N. Sysoev, S.A. Tolpekin. — Samara: RIC SGSXA, 2013. — 174 p. [in Russian]
7. Belov A.G. Praktičeskie rekomendacii po vnedreniju v sel'skhozajstvennoe proizvodstvo Orenburgskoj oblasti innovacionnoj razrabotki jenergo- i resursosberegajushhej tehniki i tehnologii proizvodstva jekstrudirovannyh kormov s ul'tradispersnymi chasticami na osnove syr'ja orenburgskoj oblasti [Practical recommendations for the introduction into agricultural production of the Orenburg region of the innovative development of energy- and resource-saving equipment and technology for the production of extruded feed with ultrafine particles based on raw materials of the Orenburg region] / A.G. Belov, S.V. Kishkilev [et al.] — Orenburg: IC OSAU, 2019. — 20 p. [in Russian]
8. Anciferov S.I. Proektirovanie molotkovoj drobilki SMD-97A s razlichnymi variantami ispolnenija molotkov [Design of the SMD-97A hammer crusher with various hammer options] / S.I. Anciferov // Mezhvuz. sb. nauch. statej BGTU im. V.G. Shuhova [Interuniversity collection of scientific articles of BSTU named after. V.G. Shukhov]. — 2017. — P. 324-330. [in Russian]
9. Titov V.A. Programmno-matematičeskij kompleks dlja sozdaniya special'nyh zubčatyh peredach izmel'chitelej [Software and mathematical complex for creating special gears for grinders] / V.A. Titov // Izv. Samarskogo NC RAN [Proceedings of the Samara Scientific Research Center of the Russian Academy of Sciences]. — 2011. — №6. — P. 246-251. [in Russian]
10. Alekseev S.A. Osnovnye tendencii obespečenija kormami molochnogo skotovodstva [Main trends in providing feed for dairy cattle breeding] / S.A. Alekseev // Jekonom., trud, upravl. v sel'skom hoz-ve [Economics, labor, management in agriculture]. — 2020. — № 3. — P. 110-114. [in Russian]

11. Antimonov S.V. Puti reshenija problemy pererabotki othodov v otrasli [Ways to solve the problem of waste processing in the industry] / S.V. Antimonov [et al.] // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of Orenburg State University]. — 2003. — № 1. [in Russian]