

Оптимизация технологии кормовых брикетов-лизунцов с применением парокомпрессионного теплового насоса

Лариса И. Лыткина	¹	larissaig2410@rambler.ru
Евгения С. Шенцова	¹	evgeniya-shencova@yandex.ru
Оксана А. Апалихина	¹	oxana2031@mail.ru
Софья А. Переверзева	¹	sofya.pereverzeva.96@mail.ru

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Реферат. В условиях промышленного содержания животных заметно ослабление их здоровья, в организме большинства отмечаются глубокие нарушения обмена веществ, снижается продуктивность. В таких условиях необходимо использование кормовых добавок в виде брикетов-лизунцов, способных компенсировать недостаток в микро-и макроэлементах, витаминах и многих других веществах. Интенсификация кормопроизводства посредством применения новых прогрессивных технологий позволяет повысить качество продукции и сократить потери при ее производстве. Применяемые технологии брикетов-лизунцов и оборудование для их производства не всегда позволяют обеспечить высокое качество продукции и достижение необходимого эффекта при скормливании. Кроме того, они достаточно энергозатратны, не подразумевают использование вторичных энергоносителей. Поэтому создание функционального продукта, сочетающего в себе комплекс веществ, необходимых в кормлении животных, и разработка энергоэффективного способа его производства является актуальным. Предложенная технология позволяет получить брикеты кормовые с высокой однородностью и заданным содержанием биологически активных веществ, обеспечить более длительную сохранность продукции. В разработанной линии предусмотрено максимально быстрое охлаждение готовой продукции и снижение удельных энергозатрат на ее производство в результате использования теплоты отработанных теплоносителей. Произведенные высококачественные лизунцы оказались однородными по своему составу, стойкими к неблагоприятным условиям. Для них характерна более высокая устойчивость структурно-механических свойств и стабильность качества при хранении в течение длительного времени: через двенадцать месяцев технологические свойства продукции не изменились, признаков порчи, связанных с повышенной влажностью окружающей среды, не отмечено. На поверхности брикетов признаки развития микрофлоры не отмечались. Значения микробиологических показателей качества находились в допустимых пределах.

Ключевые слова: брикеты-лизунцы, энергосберегающая технология, тепловой насос, рецепт, хранение

Optimization of the technology of fodder briquettes-licks with the use of a steam compression heat pump

Larisa I. Lytkina	¹	larissaig2410@rambler.ru
Evgeniya S. Shentsova	¹	evgeniya-shencova@yandex.ru
Oksana A. Apalikhina	¹	oxana2031@mail.ru
Sofiya A. Pereverzeva	¹	sofya.pereverzeva.96@mail.ru

¹ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Summary. In conditions of industrial maintenance of animals, their health is noticeably weakening, in the majority of the body, profound metabolic disorders are noted, and productivity is reduced. In such conditions it is necessary to use feed additives in the form of briquettes-licks, able to compensate for the lack of micro and macro elements, vitamins and many other substances. Intensification of feed production through the use of new advanced technologies allows to improve the quality of products and reduce losses in its production. The technologies used for briquettes-licks and equipment for their production do not always allow to provide high quality products and achieve the necessary effect when fed. In addition, they are energy-intensive, do not imply the use of secondary energy carriers. Therefore, the creation of a functional product, combining a complex of substances necessary for animal feeding, and the development of an energy-efficient method for its production is topical. The proposed technology makes it possible to obtain feed briquettes with high homogeneity and a specified content of biologically active substances, to ensure a longer-term preservation of the products. The developed line provides for the maximum rapid cooling of the finished product and a reduction in the specific energy consumption for its production as a result of the heat of spent coolants. The high-quality licks produced were homogeneous in their composition, resistant to unfavorable conditions. They are characterized by a higher stability

Для цитирования

Лыткина Л.И., Шенцова Е.С., Апалихина О.А., Переверзева С.А. Оптимизация технологии кормовых брикетов-лизунцов с применением парокомпрессионного теплового насоса // Вестник ВГУИТ. 2017. Т. 79. № 2. С. 61–67. doi:10.20914/2310-1202-2017-2-61-67

For citation

Lytkina L.I., Shentsova E.S., Apalikhina O.A., Pereverzeva S.A. Optimization of the technology of fodder briquettes-licks with the use of a steam compression heat pump. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2017. vol. 79. no. 2. pp. 61–67. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2017-2-61-67

of structural and mechanical properties and stability of storage quality for a long time: after twelve months, the technological properties of the products have not changed, signs of damage associated with increased humidity of the environment have not been noted. On the surface of briquettes, signs of development of microflora were not observed. The values of microbiological quality indicators were within acceptable limits. The development of energy-efficient method of its production is relevant. The proposed technology allows to obtain feed pellets with high uniformity and specify the content of biologically active substances, provide a long-term preservation products. It gives the possibility of issuing briquettes with high quality. In the developed line provides the most rapid cooling of the finished product and the reduction of specific energy consumption for its production as a result of the use of waste heat coolant. High licks were homogeneous resistant to adverse conditions and maintain the structural and mechanical properties and quality for a long time. If stored for twelve months technological properties of the product have not changed, deterioration of symptoms associated with high ambient humidity, it is noted. On the surface of briquettes signs of microflora is not observed. Values of microbiological quality parameters were within acceptable limits.

Keywords: briquettes-lick, energy-saving technology, heat pump, recipe, storage

Введение

Повышение конкурентоспособности российской сельскохозяйственной продукции через техническую и технологическую модернизацию производства является важнейшей задачей национального проекта «Развитие Агропромышленного комплекса на 2013–2020 годы». В настоящее время на отечественном рынке представлено большое разнообразие кормов для крупного рогатого скота. Однако даже самые совершенные из них не способны в полной мере восполнить недостаток различных микроэлементов, которые животные недополучают в процессе кормления. Для восполнения дефицита микроэлементов требуется создание функционального продукта, сочетающего

в себе комплекс необходимых компонентов, отличающегося энергоэффективным способом производства и обеспечивающим более длительный срок хранения продукции. Таким продуктом является брикет-лизунец, в состав которого входит меласса свекловичная, соль кормовая, витамины, макро- и микроэлементы [1]. Содержание значительного количества мелассы в брикетах позволяет не только получить продукт высокой прочности. При этом расширяется возможность использования вторичных ресурсов свеклосахарного производства [2].

Материалы и методы

Компонентный состав брикета-лизунца представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Рецепт брикета-лизунца для подкормки крупного рогатого скота

Table 1.

Recipe briquette-lick to feedcattle

Компонент Component	Содержание в рецепте, г/кг Contents in the recipe, g/kg
Меласса свекловичная Beet molasses	455
Оксид магния Magnesium oxide	120
Монокальций фосфат Monocalcium phosphate	100
Сульфат меди Copper Sulphate	5
Сульфат цинка Zinc sulphate	15
Карбонат кобальта Cobalt carbonate	0.44
Йодид калия Potassium iodide	0.15
Сульфат марганца Manganese sulphate	12
Селенит натрия Selenite Sodium	0.05
Витамин А Vitamin A	0.6
Витамин Д Vitamin D	1.15
Витамин Е Vitamin E	2
Соль кормовая Salt forage	150
Известь негашеная Lime quicklime	130
Энерген Energener	8
Выход, г Yield, g	1000

Целью работы является разработка энергоэффективной технологии получения брикетов-лизунцов для подкормки крупного рогатого скота, способной повысить качество и кормовую ценность продукции, а также увеличить сроки ее хранения и снизить удельные энергозатраты на производство.

Известные на сегодняшний день технологии производства лизунцов достаточно энергозатратны и не обеспечивают необходимую однородность продукта и сохранность

биологически активных веществ, содержащихся в его составе.

Разработан способ производства брикетов-лизунцов для подкормки крупного рогатого скота с использованием двухступенчатой холодильной машины, являющейся источником тепла для подогрева кормовой свекловичной мелассы, и холода для максимально быстрого охлаждения готовой продукции (рисунок 1) [3].

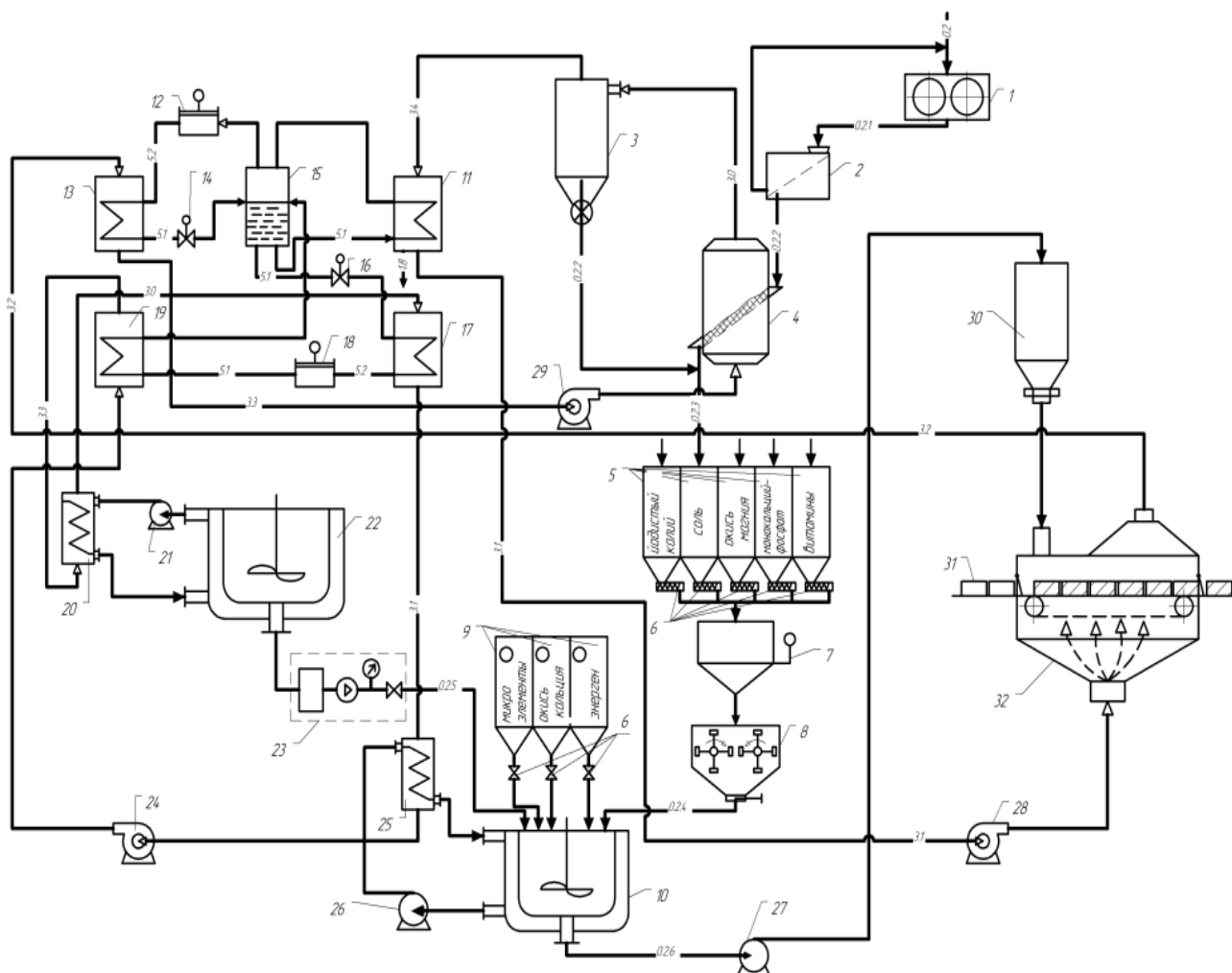


Рисунок 1. Технологическая линия получения брикетов-лизунцов: 1-измельчитель; 2-просеивающая машина; 3-фильтр-циклон; 4-сушилка; 5-бункера для сыпучих компонентов; 6-питатели; 7-дозатор; 8 – смеситель; 9-бункера для жидких компонентов; 10-реактор с теплообменной рубашкой; 11-двухступенчатая холодильная машина; испаритель первой –17 и второй –11 ступени; компрессор первой –18 и второй –12 ступени; конденсатор первой –19 и второй –13 ступени; терморегулирующие вентили первой (ТРВ) – 16 и второй –14 ступени; 15 – промежуточный сосуд; 20 – теплообменники для подогрева воды, 25 – теплообменники для охлаждения воды; 21, 26, 27 – насосы; 22 – подогреватель мелассы с теплообменной рубашкой; 23 – линия ввода мелассы; 24, 28, 29 – вентиляторы; 30 – дозатор-разгрузитель; 31 – формы для брикетов; 32 – камеру формования и охлаждения.

Figure 1. The production line producing briquettes-licks: 1 – chopper; 2 – sieve shaker; 3 – filter-cyclone; 4 – dryer; 5 – hopper for bulk components; 6 – feeders; 7 – the dispenser; 8 – mixer; 9 – hopper for liquid components; 10 – heat transfer reactor jacket; 11 – two-stage chiller; the evaporator of the first –17 and the second –11 steps; the compressor of the first –18 and second – 12 steps; the capacitor of the first – 19 and the second –13 stage; thermostatic valve first (TRV) – 16 and the second – stage 14; 15 – an intermediate vessel; 20 – heat exchanger for hot water, 25 – heat-nicks for water cooling, 21, 26, 27 – pumps; 22 – molasses heater with heat exchange jacket; 23 – input line molasses; 24, 28, 29 – fan; 30 – feeder-discharger; 31 – form briquettes; 32 – single-molding and cooling measure.

Технология производства брикетов-лизунцов осуществляется следующим образом. Исходную кормовую соль по линии 0.2 подают на измельчение в измельчитель, а затем по линии 0.2.1 в просеивающую машину. Из просеивающей машины сходовую фракцию возвращают на доизмельчение, а проходную фракцию с крупностью частиц соли 1–2 мм по линии 0.2.2 направляют в сушилку для сушки воздухом с температурой 100–110 °С до влажности 0,2–0,3%. Измельченную и высушенную соль в количестве 10–15% вместе с другими сыпучими компонентами дозируют в соответствии с рецептурой и направляют в смеситель. Сыпучие компоненты смешивают в течение 6 мин до достижения степени однородности не менее 90%, а затем полученную предварительную смесь сыпучих компонентов по линии 0.2.4 направляют на смешивание с жидкими компонентами в реактор с теплообменной рубашкой [3].

Жидкие компоненты из бункеров питателями, в соответствии с рецептурой, тоже подают в реактор с теплообменной рубашкой, в который по линии ввода также дозируют мелассу в количестве 40–45%, подогретую до температуры 60–65 °С. Причем подогрев мелассы осуществляют горячей водой с температурой 70–80 °С, подаваемой в теплообменную рубашку подогревателя насосом. При смешивании всех компонентов в реакторе с теплообменной рубашкой происходит выделение теплоты, которую отводят с помощью холодной воды с температурой 12–14 °С, подаваемой в теплообменную рубашку реактора насосом. Готовую смесь с температурой 60–62 °С по линии 0.2.6 насосом направляют в дозатор-разгрузитель и затем в камеру формования, где смесь помещают в формы для брикетов с последующим их охлаждением холодным воздухом с температурой 2–4 °С и выводом из камеры готовой продукции – кормового брикета.

Работа двухступенчатого теплового насоса [4–6] характеризуется последовательным сжатием паров компрессорами 1-й и 2-й ступени с промежуточным охлаждением за счет кипения хладагента, подаваемого в промежуточный сосуд. При этом уменьшается объем паров и снижаются затраты работы для последующего их сжатия. Уменьшение перепада давлений в каждой ступени ослабляет теплообмен паров со стенками цилиндров и улучшает условия рабочего процесса в компрессоре. При двухступенчатом сжатии снижается также температура перегрева нагнетаемых паров, что способствует лучшей смазке цилиндров.

Кроме того, двухступенчатый тепловой насос позволяет работать с двумя температурами кипения хладагента, и, соответственно, с двумя и более температурными потенциалами.

Отработанный холодный воздух из камеры формования и охлаждения по линии 3.2 вначале подают на нагрев до температуры 100–110 °С в конденсатор второй ступени, а затем вентилятором по линии 3.3 в сушилку для сушки соли. Отработанный после сушки воздух по линии 3.0 направляют на очистку в фильтр-циклон, причем выделенные частицы кормовой соли из фильтр-циклона по линии 0.2.2 объединяют с высушенной солью, а очищенный воздух по линии 3.4 подают на охлаждение до температуры 2–4 °С в испаритель второй ступени, откуда вентилятором по линии 3.1 возвращают на охлаждение брикетов в камеру формования и охлаждения с образованием замкнутого контура.

Охлаждение воды до температуры 12–14 °С перед ее подачей для отвода теплоты смеси в теплообменную рубашку реактора, осуществляют в теплообменнике холодным воздухом с температурой 8–10 °С. После чего отработанный воздух вентилятором по линии 3.2 направляют на нагрев до температуры 85–95 °С в конденсатор первой ступени, а затем по линии 3.3 в теплообменник на подогрев воды до температуры 70–80 °С и далее по линии 3.0 на охлаждение до температуры 8–10 °С в испаритель первой ступени с последующим возвратом по линии 3.1 в теплообменник для охлаждения воды до температуры 12–14 °С с образованием замкнутого контура.

Результаты и их обсуждение

В ходе исследований провели сравнительное изучение качества полученной продукции. Для этого изучали качество брикетов-лизунцов, выработанных по предлагаемой (опыт) и применяемой технологии (контроль) [7]. За счет использования двухступенчатого смешивания компонентов степень однородности в опытном варианте оказалась выше, чем в контрольном варианте, выработанном по существующей технологии (таблица 2). Кроме того, обеспечена высокая сохранность витаминов в процессе выработки, благодаря максимально быстрому охлаждению брикетов.

Изучены гигроскопические свойства кормовых брикетов. Установлено, что характер изменения равновесной влажности в исследуемой продукции существенно не отличался.

Содержание витаминов в брикетах

Table 2

The content of vitamins in briquettes

Витамины Vitamins	Содержание витаминов в брикетах, % от введенного количества The content of vitamins in briquettes, % of the amount administered		Степень однородности по распределению витаминов The degree of homogeneity in the distribution of vitamins	
	применяемая технология Applied technology	Предлагаемая Proposed technology	применяемая технология Applied technology	Предлагаемая Proposed technology
А	91,8	95,9	88,6	93,9
Д	85,4	98,6	81,6	96,5
Е	87,9	99,0	83,2	97,7

Установлено, что хранение в складе при относительной влажности воздуха выше 70% приведет к поглощению продуктом влаги, его увлажнению и ухудшению качества. На рисунке 2 представлена динамика изменения содержания витамина А в кормовых брикетах при хранении в складе в течение 14 месяцев. Хранение в течение 12 месяцев не привело к их значительному разрушению в опытном варианте, в сравнении с контрольным.

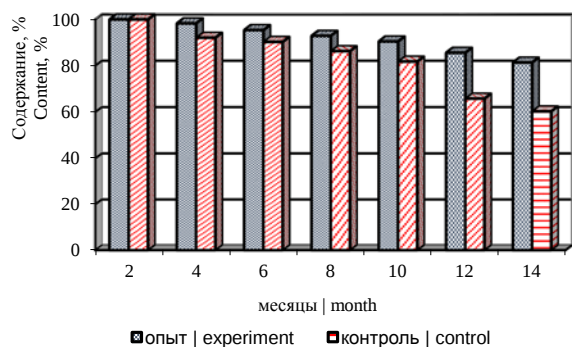


Рисунок 2. Изменение содержания витамина А в кормовых брикетах при хранении

Figure 2. Change in the content of vitamin A in feed briquettes during storage

Содержание витаминов А, Е, Д в кормовых брикетах при хранении в складе к концу 12 месяца составило в опытном варианте соответственно 90,5; 91,4 и 90,7%, а в контроле – 81,8; 71,4 и 70,3%. При хранении в течение 12 месяцев технологические свойства продукции не изменились, признаков порчи, связанных с повышенной влажностью окружающей среды, не отмечено. На поверхности брикетов признаки развития микрофлоры не отмечались [8].

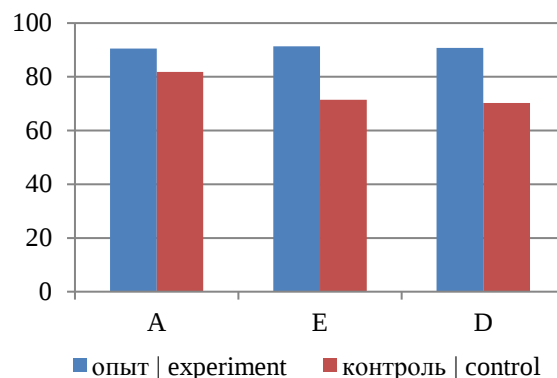


Рисунок 3. Изменение содержания витаминов А, Е, Д в кормовых брикетах после 12 месяцев хранения

Figure 3. Change in the content of vitamin A, E, D in briquettes during storage in production conditions

Микробиологические показатели качества находились в допустимых пределах. В условиях дальнейшего хранения потери витаминов в опытном и контрольном вариантах существенно выросли и превысили 10% [9]. В результате исследований предложено ограничить срок хранения, он не должен превышать двенадцать месяцев (рисунок 3).

Заключение

Предлагаемая энергоэффективная технология получения брикетов-лизунцов для подкормки крупного рогатого скота позволяет повысить качество продукции и снизить удельные энергозатраты на 10–12% в результате использования в линии двухступенчатой холодильной машины, являющейся источником тепла, используемого для подогрева мелассы и холода для максимально быстрого охлаждения брикетов.

ЛИТЕРАТУРА

1 Alves D. A. H. и др. Physicochemical characterization of briquettes made from processing waste of cassava and maize // *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*. 2016. Т. 18. №. 1. С. 41-48.

2 Шенцова Е.С., Лыткина Л.И., Апалихина О.А., Муравьев А.С. Выбор рациональных параметров технологических условий процесса смешивания при получении кормовых брикетов // *Вестник ВГУИТ*. 2016. № 3. С. 61-67.

3 Пат. РФ № 2595177 Способ производства брикетов кормовых и линия для его осуществления / Шевцов А.А., Дранников А.В., Шенцова Е.С. Опубл. 20.08.2016. Бюл. № 23.

4 Esfahani I. J., Kang Y. T., Yoo C. K. A high efficient combined multi-effect evaporation-absorption heat pump and vapor-compression refrigeration part 1: Energy and economic modeling and analysis // *Energy*. 2014. Т. 75. С. 312-326.

5 Mohammadi A. и др. Exergy analysis of a Combined Cooling, Heating and Power system integrated with wind turbine and compressed air energy storage system // *Energy Conversion and Management*. 2017. Т. 131. С. 69-78.

6 Çakır U., Çomaklı K. Exergetic interrelation between an heat pump and components // *Applied Thermal Engineering*. 2016. Т. 105. С. 659-668.

7 Косолапов В.М., Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Многофункциональное кормопроизводство России // *Кормопроизводство*. 2011. № 10. С. 3-5.

8 Киселев А.А. Зоотехнические исследования по определению эффективности УВДМ дойными коровами и молодняком КРС // *Электронный научный журнал*. 2016. № 3. С. 33-37.

9 Афанасьев В.А., Киселев А.А. Разработка технологии влажного прессования углеводно-витаминно-минеральных добавок с повышением содержания мелассы // *Вестник ВГУИТ*. 2015. № 1. С. 70-73.

Шевцов С.А. Компенсация теплоэнергетических потерь в производстве варено-сушеных круп с использованием теплового насоса // *Вестник ВГУИТ*. 2015. № 2 (64). С. 14-20.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Лариса И. Лыткина д.т.н., профессор, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, larissaig2410@rambler.ru

Евгения С. Шенцова д.т.н., профессор, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, evgeniya-shencova@yandex.ru

REFERENCES

1 Alves D. A. H. et al. Physicochemical characterization of briquettes made from processing waste of cassava and maize. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*. 2016. vol. 18. no. 1. pp. 41-48.

2 Shentsova E. S., Lytkina L. I., Apalikhina O. A., Murav'ev A. S. The choice of rational parameters of process conditions of the mixing process upon receipt of fodder briquettes. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2016. no. 3. pp. 61-67. (in Russian).

3 Shevtsov A. A., Drannikov A. V., Shentsova E. S. Sposob proizvodstva briketov kormovykh i liniya dlya ego osushchestvleniya [Method of production of briquettes and feed line for its implementation]. Patent RF, no. 2595177. Publ. 20.08.2016.

4 Esfahani I. J., Kang Y. T., Yoo C. K. A high efficient combined multi-effect evaporation-absorption heat pump and vapor-compression refrigeration part 1: Energy and economic modeling and analysis. *Energy*. 2014. vol. 75. pp. 312-326.

5 Mohammadi A. et al. Exergy analysis of a Combined Cooling, Heating and Power system integrated with wind turbine and compressed air energy storage system. *Energy Conversion and Management*. 2017. vol. 131. pp. 69-78.

6 Çakır U., Çomaklı K. Exergetic interrelation between an heat pump and components. *Applied Thermal Engineering*. 2016. vol. 105. pp. 659-668.

7 Kosolapov V.M., Trofimov I.A., Trofimova L.S., Yakovleva E.P. Multifunctional forage production in Russia. *Kormoproizvodstvo* [Fodder production]. 2011. no. 10. pp. 3-5. (in Russian).

8 Kiselev A.A. Zootechnical studies to determine the effectiveness of UVDM milch cows and young cattle. *Elektronnyi nauchnyi zhurnal* [The electronic scientific journal]. 2016. no. 3. pp. 33-37. (in Russian).

9 Afanas'ev V.A., Kisilev A.A. Development of technology for wet pressing, carbohydrate. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2015. no. 1. pp. 70-73. (in Russian).

10 Shevtsov S.A. Compensation of thermal power losses in the production of cooked and dried cereals using a heat pump. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2015. no. 2 (64). pp. 14-20. (in Russian).

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Larisa I. Lytkina doctor of technical sciences, professor, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, larissaig2410@rambler.ru

Evgeniya S. Shentsova doctor of technical sciences, professor, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, evgeniya-shencova@yandex.ru

Оксана А. Апалихина соискатель, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, oxana2031@mail.ru

Софья А. Переверзева студент, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, sofya.pereverzeva.96@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Лариса И. Лыткина предложила методику проведения эксперимента, провела обобщение, написала рукопись, консультация в ходе исследования

Евгения С. Шенцова обзор литературных источников по исследуемой проблеме, консультация в ходе исследования

Оксана А. Апалихина первичная обработка данных, проведение расчетов, несет ответственность за плагиат

Софья А. Переверзева первичная обработка данных, проведение расчетов

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 24.02.2017

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 05.04.2017

Oksana A. Apalihina applicant, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, oxana2031@mail.ru

Sofiya A. Pereverzeva student, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, sofya.pereverzeva.96@mail.ru

CONTRIBUTION

Larisa I. Lytkina proposed a scheme of the experiment, spent generalization, wrote the manuscript, consultation during the study

Evgeniya S. Shentsova review of the literature on an investigated problem, consultation during the study

Oksana A. Apalihina primary data processing, carrying out calculations, it is responsible for plagiarism

Sofiya A. Pereverzeva primary data processing, carrying out calculations

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 2.24.2017

ACCEPTED 4.5.2017