

## ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

## PROCESSES AND MACHINERY OF AGRO-ENGINEERING SYSTEMS

УДК 639.11/16:591.16

DOI: 10.24412/1999-6837-2021-3-72-77

**Влияние основных конструктивно-технологических параметров  
измельчителя-пастоизготовителя на энергоэффективность приготовления кормов****Сергей Николаевич Воякин<sup>1</sup>, Сергей Васильевич Щитов<sup>2</sup>,  
Евгений Евгеньевич Кузнецов<sup>3</sup>**<sup>1,2,3</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет, Амурская область,  
Благовещенск, Россия<sup>1</sup> vsn177@yandex.ru, <sup>2</sup> uoup\_dalgau@mail.ru, <sup>3</sup> ji.tor@mail.ru

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследований, посвященных повышению эффективности кормления птицы с использованием местного сырья. Проблема кормления птицы всегда стоит очень остро, так как в конечном итоге отражается на себестоимости производимой продукции. Особенно этот вопрос актуален в отдалённых регионах, куда доставка продуктов питания для птицы проблематична из-за высоких транспортных расходов. В этой ситуации наиболее рациональным является подход, который предусматривает по возможности приготовление кормов и кормление птицы, используя местное сырье. В Амурской области для этих целей в качестве основного компонента необходимо использовать сою, так как она богата большим количеством микроэлементов, необходимых для правильного питания птицы. В тоже время процесс приготовления корма для питания птицы достаточно энергозатратен, что также закладывается в себестоимость. Поэтому для снижения себестоимости приготовления корма был разработан и внедрен в производство измельчитель-пастоизготовитель оригинальной конструкции, который позволяет снизить энергозатраты за счёт усреднения влаги в композиции.

**Ключевые слова:** измельчитель-пастоизготовитель, конструктивно-технологические параметры, корм, птица, энергозатраты, эффективность, себестоимость

**Для цитирования:** Воякин С. Н., Щитов С. В., Кузнецов Е. Е. Влияние основных конструктивно-технологических параметров измельчителя-пастоизготовителя на энергоэффективность приготовления кормов // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. Вып. 3 (59). С. 72–77.

**Influence of basic constructive and technological parameters  
of the shredder-mix producer on energy efficiency of feed preparation****Sergey N. Voyakin<sup>1</sup>, Sergey V. Shchitov<sup>2</sup>, Evgeny E. Kuznetsov<sup>3</sup>**<sup>1,2,3</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia<sup>1</sup> vsn177@yandex.ru, <sup>2</sup> uoup\_dalgau@mail.ru, <sup>3</sup> ji.tor@mail.ru

**Abstract.** The article presents the results of studies on improving the efficiency of poultry feeding using local raw materials. The problem of poultry feeding is always very acute, as it ultimately affects the cost of production. This issue is especially relevant in remote regions, where the feed delivery for poultry is problematic due to high transport costs. In this situation, the most rational approach is that, whenever possible, the preparation of feed and poultry feeding, using local raw materials. In the Amur region, for these purposes, it is necessary to use soy as the main component, since it is rich in a large amount of microelements necessary for proper

nutrition of the poultry. At the same time, the process of feed preparing for poultry nutrition is quite energy-intensive, which is also included in the cost price. Therefore, in order to reduce the cost of preparing feed, a shredder-mix producer of an original design was developed and introduced into production, which allows reducing energy consumption by averaging moisture in the composition.

**Keywords:** shredder-mix producer, constructive and technological parameters, feed, poultry, energy consumption, efficiency, cost price

**For citation:** Voyakin S. N., Shchitov S. V., Kuznetsov E. E. Influence of basic constructive and technological parameters of the shredder-mix producer on energy efficiency of feed preparation. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik = Far Eastern Agrarian Herald*. 2021; 3 (59); 72–77.

**Введение.** Эффективность работы измельчителя-пастоизготовителя можно оценить такими показателями как производительность, качество подготавливаемого продукта и энергозатраты на его приготовление. Как показали проведенные исследования, снижения энергозатрат возможно достичь при использовании кормовых компонентов в виде пасты, в основу которой может входить мясокостное, рыбокостное или растительно-травяное сырьё с влажностью до 80 % с последующим его блендированием с необезжиренной соевой мукой (НСМ) с влажностью до 10 % [1, 4, 5]. Такое сочетание смешиваемых компонентов позволит получить бинарную пасту с усреднённой влажностью, это создает необходимые условия для качественного формирования гранул малым диаметром с низкой крошимостью [2, 6].

Исходя из вышесказанного, перспективный способ получения гранулированного белково-минерального или белково-витаминного кормового продукта заключается в усреднении влажных пастовых композиций путем блендирования с НСМ. При таком смешивании полученный пастообразный компонент выступает как связующее вещество, что в конечном результате приводит к снижению затрат энергии на последующую сушку и, как следствие, к снижению себестоимости конечного кормового продукта, богатого полноценным белком.

**Цель работы** состоит в повышении эффективности технологического процесса приготовления гранулированных высокобелковых кормовых продуктов.

**Условия и методы исследования.** Экспериментальные исследования по приготовлению гранулированных высокобелковых кормовых продуктов проводились непосредственно в производственных ус-

ловиях. В качестве исходного сырья для приготовления кормовых продуктов использовалось мясокостное, рыбокостное и растительно-травяное сырьё при дальнейшем его смешивании с соевым компонентом в виде муки. В качестве объекта исследования были взяты технологические процессы, способные охарактеризовать этапность приготовления сушёного гранулята из вышеназванных продуктов. При проведении исследований использовались методы математического анализа, основные положения теоретической и прикладной механики. Полученные результаты теоретических исследований подтверждены экспериментально в производственных условиях. Обработка и анализ полученных результатов исследований выполнялся с применением лицензионных прикладных программ для ЭВМ: «Statistica-7», «KPS», «Microsoft Office Excel 2010».

**Результаты исследований.** В ходе выполнения теоретических исследований инновационного подхода получена формула для определения мощности, идущей на получение пастообразной композиции:

$$N_{u-n} = k_3 \cdot [(1,67 \cdot M_{рез} \cdot \omega) + N_6 + N_a] / (\eta_{изм} \cdot \eta_a), \quad (1)$$

где  $(1,67 \cdot M_{рез} \cdot \omega)$  – мощность электропривода, кВт;

$N_6, N_a$  – мощность электропривода шнекового питателя и аппарата вторичного резания, кВт;

$k_3$  – коэффициент запаса;

$\eta_{изм}, \eta_a$  – коэффициент полезного действия электропривода измельчителя-пастоизготовителя.

Проведенный анализ выражения (1) показал, что значительное влияние на энергозатраты оказывают конструктивно-технологические параметры.

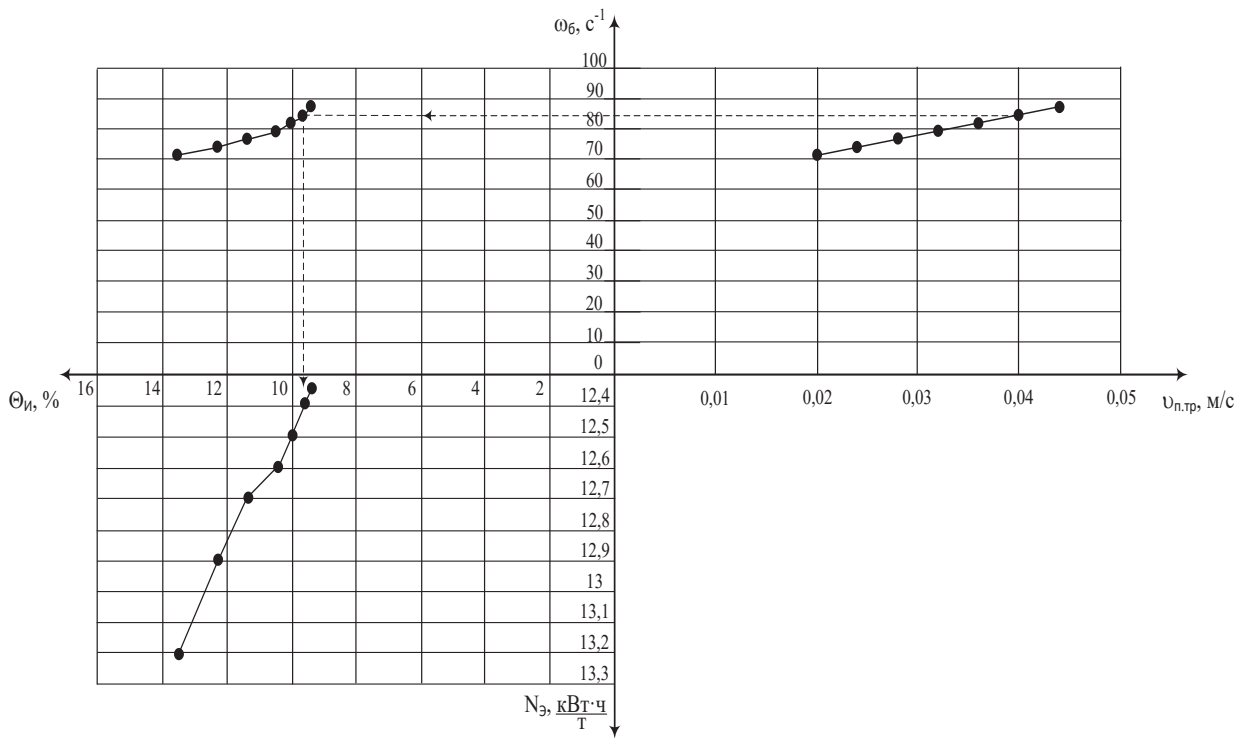


Рисунок 1 – Влияние скорости подачи транспортёра и угловой скорости барабана первичной резки на величину энергозатрат и качество резки

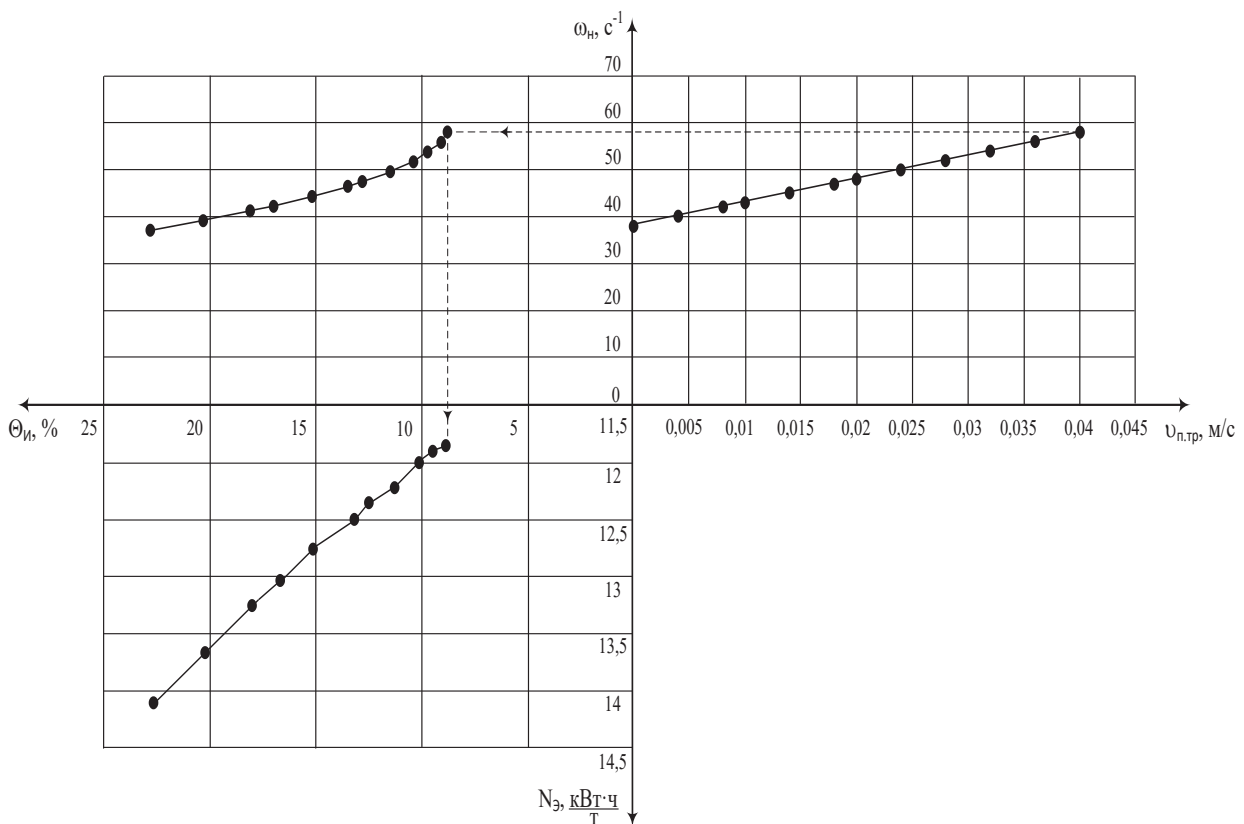


Рисунок 2 – Влияние скорости подачи транспортёра и угловой скорости барабана вторичной резки на величину энергозатрат и качество резки

С целью подтверждения теоретических исследований были проведены эксперименты в производственных условиях, основной целью которых являлась разработка практических рекомендаций по повышению эффективности использования измельчителя-пастоизготовителя за счёт установления его оптимальных конструктивно-технологических параметров.

В результате проведенных исследований были получены результаты, позволившие предложить производственные номограммы, представленные на рисунках 1 и 2, предназначенные для выявления воздействия конструктивно-технологических параметров измельчителя-пастоизготовителя на конечные энергозатраты, а следовательно, и на себестоимость единицы произведённой продукции.

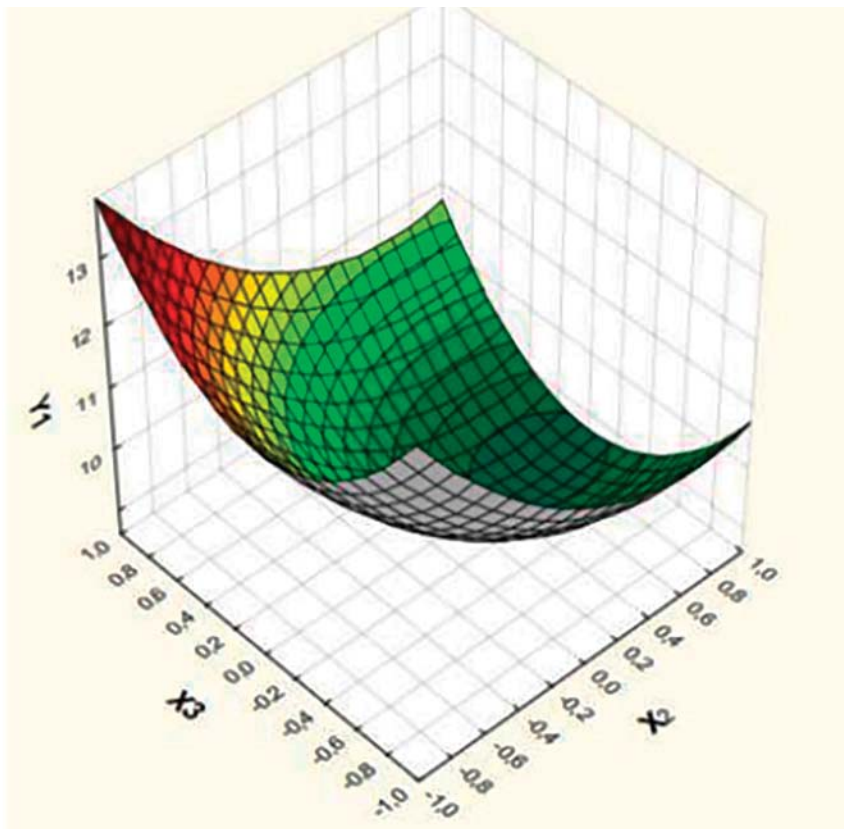
Представленная на рисунке 1 номограмма позволяет определить конечные энергозатраты в зависимости от конструктивно-технологических параметров (скорости подающего транспортёра и угловой скорости барабана первичной резки). Например, при скорости движения подающего транспортёра 0,04 м/с, угловой

скорости барабана в аппарате первичного резания 85 рад/с, степень измельчения составит 9,6 %, при этом конечные энергозатраты будут равны 12,4 кВт·ч/т.

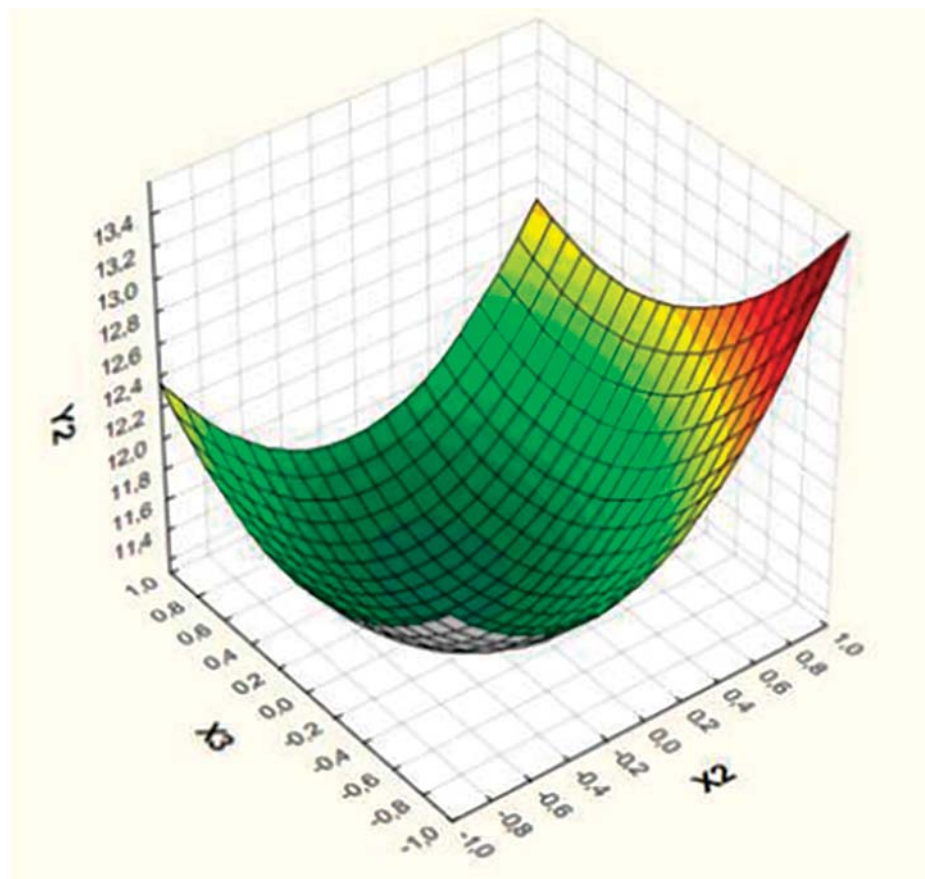
На величину энергозатрат и качество резки большое влияние оказывает, кроме угловой скорости барабана первичного резания, величина угловой скорости аппарата вторичного резания. С этой целью была построена номограмма на рисунке 2.

Представленная номограмма позволяет, не делая никаких расчетов, определить конечные энергозатраты в зависимости от конструктивно-технологических параметров (скорости подающего транспортёра и угловой скорости барабана вторичной резки). Например, при скорости движения подающего транспортёра 0,04 м/с степень измельчения составит 8,8 %, при этом конечные энергозатраты будут равны 11,8 кВт·ч/т.

Для анализа совместного влияния перечисленных выше конструктивно-технологических параметров на энергозатраты были построены поверхности отклика в виде 3D-моделей, представленные на рисунке 3а и 3б.



а) неоднородности гранулометрического состава пасты



б) энергоёмкости процесса получения пастообразных продуктов  
Рисунок 3 – Поверхности отклика

На основании выполненных экспериментальных исследований были определены оптимальные конструктивно-технологические параметры измельчителя-пастоизготовителя при  $\omega_{\text{б}}=87,86\text{--}88,38\text{ с}^{-1}$ ;  $v_{\text{н,тр}}=0,0368\text{--}0,0536\text{ м/с}$ ;  $\omega_{\text{н}}=58\text{--}61,2\text{ с}^{-1}$  с минимальными энергозатратами  $N_3=11,08$  (кВт·ч)/т.

**Заключение.** В результате проведенных исследований были предложены производственные номограммы, позволяющие эффективно и качественно проследить изменение энергозатрат в зависимости от конструктивно-технологических параметров измельчителя-пастоизготовителя.

#### Список литературы

1. Алешкин, В. Р. Механизация животноводства / В. Р. Алешкин, П. М. Роцин. – Москва : Колос, 1993. – 319 с.
2. Воякин, С. Н. Технологические основы процессов и технических средств получения высокобелкового гранулята для птицы на основе сырья животного и растительного происхождения: монография / С. Н. Воякин, С. М. Доценко, А. Н. Вишневский. – Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2014. – 258 с.
3. Воякин, С. Н. Научное обоснование и разработка технологий и технических средств приготовления гранулированных кормов для сельскохозяйственной птицы : автореф. дис. на соиск. учёного ст. докт. техн. наук: 05.20.01 / Воякин Сергей Николаевич ; Башкирский государственный аграрный университет. – Благовещенск, 2020. – 40 с.
4. Гарбарец, Б. В. Исследование процесса измельчения кормов животного происхождения : автореф. дис. на соиск. учёного ст. канд. техн. наук : 05.00.00 / Гарбарец Борис Владимирович ; Ленинградский сельскохозяйственный институт. – Пушкин, 1970. – 24 с.
5. Карпин, В. Ю. Повышение эффективности работы технологической линии производства сухих животных кормов путем моделирования процесса работы линии и рабочих органов измельчителя костей сельскохозяйственных животных : автореф. дис. на соиск. учёного ст. канд. техн. наук



: 05.20.01 / Карпин Владимир Юрьевич ; Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. – Санкт-Петербург, 2000. – 20 с.

6. Shchitov, S. V., Dotsenko, S. M., Voyakin, S. N., Kuznetsov, E. E. Increasing the efficiency in the production of paste-like feed compositions from animal raw materials // Jour of Adv Research in Dynamical & Control Sys-tems, Vol. 10, 06-Special Issue, 2018, PP. 1668–1672.

### References

1. Aleshkin, V. R., Roshchin, P. M. Mekhanizaciya zhivotnovodstva (Livestock mechanization), Moscow, Kolos, 1993, 319 p.

2. Voyakin, S. N., Docenko, S. M., Vishnevskij, A. N. Tekhnologicheskie osnovy processov i tekhnicheskikh sredstv polucheniya vysokobelkovogo granulyata dlya pticy na osnove syr'ya zhivotnogo i rastitel'nogo proiskhozhdeniya : monografiya (Technological foundations of processes and technical means for obtaining high-protein granulate for poultry based on raw materials of animal and vegetable origin: monograph), Blagoveshchensk, izd-vo Dal'nevostochnogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2014, 258 p.

3. Voyakin, S. N. Nauchnoe obosnovanie i razrabotka tekhnologij i tekhnicheskikh sredstv prigotovleniya granulirovannykh kormov dlya sel'sko-hozyajstvennoj pticy : avtoref. dis. na soisk. uchyon. step. dokt. tekhn. nauk : 05.20.01 (Scientific substantiation and development of technologies and technical means for the preparation of pelleted feed for poultry: Abstract of Doctor's degree : 05.20.01), Voyakin Sergej Nikolaevich, Bashkirskij gosudarstvennyj agrarnyj institut, Blagoveshchensk, 2020, 40 p.

4. Garbarez, B. V. Issledovanie processa izmel'cheniya kormov zhivotnogo proiskhozhdeniya: avtoref. dis. na soisk. uchyon. step. kand. tekhn. nauk : 05.00.00 (Investigation of the process of grinding animal feed : Abstract of Ph.D. thesis : 05.00.00), Garbarez Boris Vladimirovich ; Leningradskij sel'skohozyajstvennyj institut, Leningrad, Pushkin, 1970, 24 p.

5. Karpin, V. Yu. Povyshenie effektivnosti raboty tekhnologicheskoy linii proizvodstva suhikh zhivotnykh kormov putem modelirovaniya processa raboty linii i rabochih organov izmel'chatelya kostej sel'skohozyajstvennykh zhivotnykh : avtoref. dis. na soisk. uchyon. step. kand. tekhn. nauk : 05.20.01 (Increasing the efficiency of the technological line for the production of dry animal feed by simulating the process of the line and working bodies of the grinder of bones of farm animals : Abstract of Ph. D. thesis : 05.20.01), Karpin Vladimir Yurevich, Cankt-Peterburgskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, Sankt-Peterburg, 2000, 20 p.

6. Shchitov, S. V., Dotsenko, S. M., Voyakin, S. N., Kuznetsov, E. E. Increasing the efficiency in the production of paste-like feed compositions from animal raw materials, Jour of Adv Research in Dynamical & Control Systems, Vol. 10, 06-Special Issue, 2018, PP. 1668–1672.

© Воякин С. Н., Щитов С. В., Кузнецов Е. Е., 2021

Статья поступила в редакцию 05.05.2021; одобрена после рецензирования 01.06.2021; принята к публикации 04.08.2021.

The article was submitted 05.05.2021; approved after reviewing 01.06.2021; accepted for publication 04.08.2021.

### Информация об авторах

**Воякин Сергей Николаевич**, доктор технических наук, доцент; Дальневосточный государственный аграрный университет; e-mail: vsn177@yandex.ru;

**Щитов Сергей Васильевич**, доктор технических наук, профессор; Дальневосточный государственный аграрный университет; e-mail: uoup\_dalgau@mail.ru;

**Кузнецов Евгений Евгеньевич**, доктор технических наук, доцент, Дальневосточный государственный аграрный университет; e-mail: ji.tor@mail.ru.

### Information about the authors

**Sergey N. Voyakin**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor; Far Eastern State Agrarian University; e-mail: vsn177@yandex.ru;

**Sergey V. Shchitov**, Doctor of Technical Sciences, Professor; Far Eastern State Agrarian University; e-mail: uoup\_dalgau@mail.ru;

**Evgeny E. Kuznetsov**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor; Far Eastern State Agrarian University; e-mail: ji.tor@mail.ru.