

УДК 631.36  
ГРНТИ 55.57.43

<http://doi.org/10.24411/1999-6837-2020-14061>

**Школьников П.Н.**, канд. техн. наук, доц.;  
**Щитов С.В.**, д-р техн. наук, проф.;  
**Якименко А.В.**, канд. техн. наук, доц.;  
**Жирнов А.Б.**, д-р техн. наук, проф.;  
**Присяжная С.П.**, д-р техн. наук, проф.;  
**Решетник Е.И.**, д-р техн. наук, проф.

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ПРИГОТОВЛЕНИЯ И РАЗДАЧИ КОРМА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МММА (МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО МАЛОГАБАРИТНОГО МОБИЛЬНОГО АГРЕГАТА)**

© Школьников П.Н., Щитов С.В., Якименко А.В.,  
Жирнов А.Б., Присяжная С.П., Решетник Е.И., 2020

**Резюме.** Вопрос обеспечения продовольственной безопасности страны в настоящее время очень актуален из-за введения различного уровня санкций. В связи с этим немаловажная роль в решении данного вопроса отводится как большим сельхозтоваропроизводителям, так и малым. Как известно, на долю малых сельскохозяйственных предприятий, занимающихся производством мяса и молока, в целом по стране приходится до 20% от общего объема производства. Основным сдерживающим фактором дальнейшего развития малых ферм КРС является отсутствие достаточных средств механизации, особенно связанных с подготовкой и раздачей кормов. В настоящее время выпускаемые промышленностью средства механизации в основном ориентированы на фермы с большим поголовьем животных. При этом на фермах с небольшим поголовьем животных при приготовлении и раздаче корма в основном используется ручной труд, что, в конечном итоге, сказывается на себестоимости единицы продукции. Это является основным сдерживающим фактором открытия новых ферм с малым поголовьем животных. В условиях Амурской области при наличии больших площадей, не занятых под производство сельскохозяйственной продукции, а также в связи с реорганизацией и объединением ряда с.-х предприятий, имеется достаточное количество не занятого производством трудоспособного населения. В связи с этим вопрос снижения трудоёмкости процесса приготовления и раздачи корма на фермах с малым содержанием животных в настоящее время является очень актуальным, так как позволит организовать дополнительные рабочие места в сельской местности.

**Ключевые слова:** корм, кормоприготовление, раздача корма, эффективность, кормораздатчик, измельчение корма.

UDC 631.36

<http://doi.org/10.24411/1999-6837-2020-14061>

**P.N. Shkolnikov**, Cand. Tech. Sciences, Associate Professor;  
**S.V. Shchitov**, Dr. Tech. Sciences, Professor;  
**A.V. Yakimenko**, Cand. Tech. Sciences, Associate Professor;  
**A.B. Zhirnov**, Dr Tech. Sciences, Professor;  
**S.P. Prisyazhnaya**, Dr Tech. Sciences, Professor;  
**E.I. Reshetnik**, Dr Tech. Sciences, Professor

## **ENHANCEMENT OF THE EFFICIENCY OF THE PROCESS OF PREPARATION AND DISTRIBUTION OF FEED WITH THE HELP OF MULTIFUNCTION SMALL-SIZED MOBILE UNIT (MSMU) AT THE SMALL-SCALE CATTLE FARMS**

**Abstract.** Nowadays the problem of country's food security is very relevant due to the introduction of various levels of sanctions. In this regard, an important role in solving this issue is assigned to both large agricultural producers and small ones. It is generally understood, that the share of small agricultural enterprises engaged in the production of meat and milk all over the country amounts up to 20% of the total production volume. The main limiting factor in the further development of small cattle farms is the lack of sufficient equipment for

mechanization, especially, related to the preparation and distribution of feed. At present, the equipment for mechanization produced by the industry are mainly focused on the farms with a large livestock. At the same time, the farms with a small livestock mainly use manual labor for preparation and distribution of feed, which in the end affects unit cost. This is a main deterrent to the opening of new farms with small livestock. The Amur Region has large areas that are not used for agriculture and it also has a sufficient number of unemployed capable people coming from reorganized and united farms. In this regard, the issue of reducing the labor intensity of the process of preparing and distributing feed at the farms with small livestock is very relevant now, for it will give additional jobs in rural areas.

**Key words:** feed, feed preparation, feed distribution, efficiency, feed dispenser, feed chopping.

**Введение.** В Российской Федерации в настоящее время на долю малых ферм крупного рогатого скота (КРС) с численностью поголовья до 100 коров приходится около 20% от общего числа молочных ферм. Наряду с этим имеется большое количество молочных ферм с поголовьем животных до 400 коров [2]. Основным недостатком таких ферм является наличие большого объема ручного труда, что резко сказывается как на рентабельности производства, так и на себестоимости единицы продукции. Большая доля ручного труда от общего объема приходится на процесс приготовления и раздачи корма. Это объясняется тем, что использование на таких фермах существующих типов кормораздатчиков с соответствующим набором машин резко повышает приведенные затраты, а, следовательно, и себестоимость производимой на такой ферме продукции. Используемые на таких фермах помещения, как правило, имеют узкие кормовые проходы и сравнительно небольшую высоту, что не позволяет использовать в них выпускаемые промышленностью кормораздатчики. Все вышеперечисленные особенности производства с.-х продукции животного происхождения являются основным сдерживающим фактором при создании новых фермерских хозяйств [3].

Исходя из вышесказанного можно сделать следующий вывод: для повышения уровня механизации процессов приготовления и раздачи кормов на таких фермах необходимо иметь такой универсальный кормоприготовительно-раздающий агрегат, который совмещал бы в себе функции погрузчика, измельчителя, смесителя и раздатчика, при этом одновременно выполнял бы роль питателя-дозатора кормов, обеспечивающего получение кормовых смесей требуемого качества [5, 6, 7].

Поэтому создание многофункционального малогабаритного мобильного агрегата (МММА), способного обеспечить самозагрузку бункера различными видами кормов, их транспортировку с одновременным приготовлением

кормовых смесей, а также их выдачу, является в настоящее время актуальным вопросом.

Целью данной работы является повышение эффективности использования МММА на приготовлении и раздаче кормов за счет оптимизации его конструктивно-технологических параметров.

**Условия и методы исследования.** Экспериментальные исследования по использованию многофункционального малогабаритного мобильного агрегата проводились в реальных условиях на фермах с малым поголовьем животных, характерных для Амурской области. В качестве объекта исследования был выбран многофункциональный малогабаритный мобильный агрегат, который совмещал в себе следующие функции: погрузчика, измельчителя, смесителя, питателя-дозатора и раздатчика кормов (рис. 1).



Рис. 1. Общий вид МММА.

При проведении теоретических исследований использовались математические методы, а также основные положения теоретической и прикладной механики. Экспериментальные исследования проводились с использованием метода планирования многофакторного эксперимента и математического моделирования [1,4].

Обработка и анализ полученных данных осуществлялись с применением методов математической статистики, с использованием ПК и программ «Excel», «KPS», «Statistika-7,0».

**Результаты исследований.** В результате проведенных теоретических исследований была получена зависимость, характеризующая пропускную способность (производительность) МММА

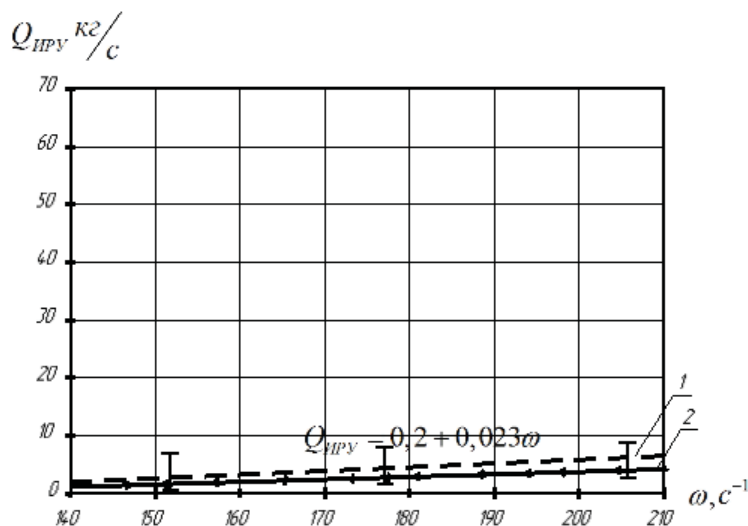
$$Q_u = 9,6(Z_{pi} - \Delta Z_{pi})R_z \cdot \omega \cdot \rho_n \cdot S_i, \quad (1)$$

где  $Z_{pi}$  - длина части ротора, обусловленная шириной молотка-лопасти;  $\Delta Z_{pi}$  - толщина пластины решетки;  $R_z$  - число молотков, идущих по одному

следу;  $\omega$  - угловая скорость ротора;  $\rho_n$  - плотность кормового продукта;  $S_i$  - площадь поперечного сечения отделяемой порции корма.

Анализируя выражение (1), можно сделать вывод, что на величину производительности большое влияние оказывает угловая скорость ротора. Более наглядно данная зависимость представлена на рисунке 2.

Как видно из представленных графиков (рис.2), производительность измельчающе-распределяющего устройства увеличивается с 1 кг/с до 3 кг/с с возрастанием угловой скорости вращения ротора от 140 с<sup>-1</sup> до 210 с<sup>-1</sup>. Таким образом, предлагаемый МММА позволяет регулировать норму выдачи подготовленного корма в зависимости от состава приготовленной кормовой смеси.



**Рис. 2. Зависимость производительности измельчающе-распределяющего устройства от угловой скорости:**

----- - теоретическая зависимость; ———— - экспериментальная зависимость.

Немаловажная роль при приготовлении кормовой смеси отводится степени её измельчения. С этой целью были проведены теоретические исследования по определению степени измельченияготавливаемого корма в МММА.

$$\lambda = 1,27 \sum_{i=1}^m S_i (Z_{pi} - \Delta Z_{pi}) \psi_c / \sum_{j=1}^{R_c} l_j d_y^2 \quad (2)$$

где  $S_i$  - площадь поперечного сечения кормового продукта в плоскости рабочей зоны молотка-лопасти;  $m$  - число молотков-лопастей;  $Z_{pi}$  - расстояние

между пластинами решетки измельчающего аппарата;  $\Delta Z_{pi}$  - толщина пластины решетки;  $\psi_c$  - коэффициент, учитывающий степень плотности размещения стеблей в поперечном сечении равном  $S_i$ ;  $R_c$  - количество стеблей;  $l_j$  - длина частиц измельченных стеблей;  $d_y$  - усредненный диаметр стебля.

В результате проведенных теоретических исследований было установлено влияние конструктивно-технологических параметров на

степень измельчения в зависимости от состояния кормовой культуры. Кроме этого, была получена теоретическая зависимость степени измельчения от угловой скорости ротора. Данная

зависимость наглядно представлена на рисунке 3.

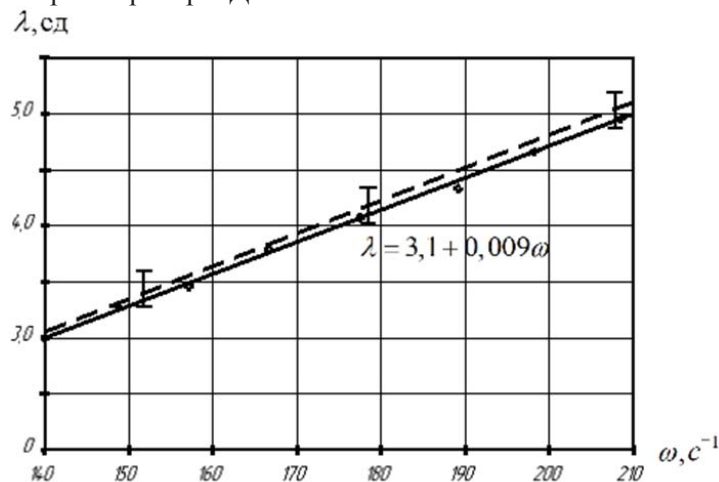


Рис. 3. Зависимость степени измельчения от угловой скорости ротора

----- - теоретическая зависимость; — - экспериментальная зависимость

Для средневзвешенной длины измельченного корма измельченный продукт собирали при установившемся режиме рабочих органов. Пробы собирали методом квартования по методике ВИСХОМ.

Анализируя представленную зависимость, можно сделать следующий вывод: что степень измельчения увеличивается с 3 ед. до 5 ед., с изменением угловой скорости от 140 с-1 до 210 с-1.

На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований можно сделать вывод, что теоретические и экспериментальные зависимости находятся в пределах доверительного интервала (рис.2 и рис.3), что говорит о достоверности проведенных исследований.

**Вывод.** На основании проведенных исследований было установлено, что оптимизация конструктивно-технологических параметров МММА позволяет:

-регулировать степень измельчения продукта при подготовке его к скармливанию, что особенно актуально, так как при приготовлении различных продуктов степень измельчения не всегда одинаковая, согласно зоотехническим требованиям, а это, в свою очередь, влияет на качество приготовленного к раздаче корма;

-изменять угловую скорость ротора, что даёт возможность регулировать производительность предлагаемого малогабаритного мобильного агрегата, для выдерживании необходимой нормы выдачи корма для различных категорий животных.

#### Список литературы

1. Адлер, Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер. – Москва : Наука, 1976. – 279 с.
2. Алябьев, Е.В. Механизированные технологии содержания крупного рогатого скота: обзорная информация /Е.В. Алябьев, В.Е. Матусевич, Т.А. Кирыяшкина. – Москва: ВНИИТЭИагропром, 1987. – С.3-8.
3. Бурмага, А.В. Совершенствование процессов и средств механизации кормления крупного рогатого скота полнорационными кормовыми смесями с использованием тыквы. Монография. /А.В. Бурмага, С.М. Доценко. - Благовещенск, Из-во ДальГАУ, 2012. – 228 с.
4. ГОСТ 20915 – 2011. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытания. – Москва : Стандартинформ, 2013. – 23 с.
5. Школьников, П.Н. Повышение эффективности функционирования технологической линии производства и раздачи кормов на малых фермах крупного рогатого скота / П.Н. Школьников // АгроЭкоИнфо. – 2016. - №4. –URL:[http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2016/4/st\\_433.doc](http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2016/4/st_433.doc).(дата обращения 4.12.2020).
6. Школьников, П.Н. Обоснование параметров многофункционального малогабаритного мобильного агрегата для малых ферм крупного рогатого скота / П.Н. Школьников // «АгроЭкоИнфо»,2016. - № 4. - URL:[http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2016/4/st\\_434.doc](http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2016/4/st_434.doc).(дата обращения 4.12.2020).
7. Rensch, S. Rationalisierungsmittel für die Futterdosierung und verteilung. – Agrartechnik, 1981. – P. 442-444.



**Reference**

1. Adler, Yu.P. Planirovanie eksperimenta pri poiske optimal'nykh uslovii) (Experiment Planning When Searching for Optimal Conditions), Moskva, Nauka, 1976, 279 p.
2. Alyab'ev, E.V., Matusevich, V.E., Kir'yashkina, T.A. Mekhanizirovannye tekhnologii soderzhaniya krupnogo rogatogo skota: obzornaya informatsiya (Mechanized Technologies for Keeping Cattle: Overview), Moskva, VNIITEI-agroprom, 1987, PP.3-8.
3. Burmaga, A.V., Dotsenko, S.M. Sovershenstvovanie protsessov i sredstv mekhanizatsii kormleniya krupnogo rogatogo skota polnoratsionnymi kormovymi smesyami s ispol'zovaniem tykvy. Monografiya (Improvement of Processes and Equipment for Mechanization of Cattle Feeding with Complete Feed Mixtures Using Pumpkin. Monograph), Blagoveshchensk, Iz-vo Dal'GAU, 2012, 228 p.
4. GOST 20915 – 2011. Ispytaniya sel'skokhozyaistvennoi tekhniki. Metody opredeleniya uslovii ispytaniya (GOST 20915 – 2011. Testing of Agricultural Machinery. Methods for Determining Test Conditions), Moskva, Standartinform, 2013, 23 p.
5. Shkol'nikov, P.N. Povyshenie effektivnosti funktsionirovaniya tekhnologicheskoi linii proizvodstva i razdachi kormov na mal'kh fermakh krupnogo rogatogo skota (Improving the Efficiency of the Technological Line for the Production and Distribution of Feed at Small Cattle Farms), AgroEkoInfo, 2016, No 4, URL: [http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2016/4/st\\_433.doc](http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2016/4/st_433.doc). (data obrashcheniya 4.12.2020).
6. Shkol'nikov, P.N. Obosnovanie parametrov mnogofunktional'nogo malogabaritnogo mobil'nogo agregata dlya mal'kh ferm krupnogo rogatogo skota (Substantiation of the Parameters of Multifunctional Small-Sized Mobile Unit for Small Cattle Farms), «AgroEkoInfo», 2016, No 4. - URL: [http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2016/4/st\\_434.doc](http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2016/4/st_434.doc). (data obrashcheniya 4.12.2020).
7. Rensch, S. Rationalisierungsmittel fur die Futterdosierung und verteilung, Agrartechnik, 1981, PP. 442-444.

**Информация об авторах**

**Школьников Павел Николаевич**, канд. техн. наук, доцент; ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ; ул. Политехническая, 86, г. Благовещенск, Амурская область, Россия; e-mail: [pavel.shkolnikov@mail.ru](mailto:pavel.shkolnikov@mail.ru);

**Щитов Сергей Васильевич**, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры ТЭС и МАПК; ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ; ул. Политехническая, 86, г. Благовещенск, Амурская область, Россия; ; e-mail: [shitov.sv1955@mail.ru](mailto:shitov.sv1955@mail.ru);

**Якименко Андрей Владимирович**, канд. техн. наук, доцент; ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ; ул. Политехническая, 86, г. Благовещенск, Амурская область, Россия; e-mail: [avsata@mail.ru](mailto:avsata@mail.ru);

**Жирнов Александр Борисович**, д-р техн. наук, профессор; ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ; ул. Политехническая, 86, г. Благовещенск, Амурская область, Россия;

**Присяжная Серафима Павловна**, д-р техн. наук, профессор; Амурский государственный университет; Игнатъевское шоссе, 21, г. Благовещенск, Амурская область, Россия;

**Решетник Екатерина Ивановна**, д-р техн. наук, профессор; ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ; ул. Политехническая, 86, г. Благовещенск, Амурская область, Россия; e-mail: [soia-28@yandex.ru](mailto:soia-28@yandex.ru).

**Information about the authors**

**Pavel N. Shkolnikov**, Candidate of Technical Science, Associate Professor; Far Eastern State Agrarian University; 86, Politekhnicheskaya str., Blagoveshchensk, Amur region, Russia; e-mail: [pavel.shkolnikov@mail.ru](mailto:pavel.shkolnikov@mail.ru);

**Sergey V. Shchitov**, Doctor of Technical Science, Professor; Far Eastern State Agrarian University; 86, Politekhnicheskaya str., Blagoveshchensk, Amur region, Russia; [shitov.sv1955@mail.ru](mailto:shitov.sv1955@mail.ru);

**Andrey V. Yakmenko**, Candidate of Technical Science, Associate Professor; Far Eastern State Agrarian University; 86, Politekhnicheskaya str., Blagoveshchensk, Amur region, Russia; e-mail: [avsata@mail.ru](mailto:avsata@mail.ru);

**Aleksandr B. Zhirnov**, Doctor of Technical Science, Professor; Far Eastern State Agrarian University; 86, Politekhnicheskaya str., Blagoveshchensk, Amur region, Russia;

**Serafima P. Prsyazhnaya**, Doctor of Technical Science, Professor; Amur State University; Амурский государственный университет; 21, Ignatievskoe highway, Amur region, Russia;

**Ekaterina I. Reshetnik**, Doctor of Technical Science, Professor; Far Eastern State Agrarian University; 86, Politekhnicheskaya str., Blagoveshchensk, Amur region, Russia; e-mail: [soia-28@yandex.ru](mailto:soia-28@yandex.ru).