

DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-456504>

Оригинальное исследование



Исследование возможности повышения длительности рабочего процесса работа-подталкивателя корма с активным рабочим органом

А.С. Комкин, П.А. Савиных

Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого, Киров, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Роботы-подталкиватели корма с активным рабочим органом, используемые на фермах, показывают невысокую эффективность — они имеют меньшее число выездов в сутки в сравнении с другими видами роботов вследствие больших энергозатрат на самопередвижение, перемешивание, подталкивание корма и внесение концентрата при одновременно большей емкости аккумуляторных батарей. Вместе с тем, по зоотехническим требованиям в хозяйствах число выездов должно быть десять и более раз в сутки. Однако, в условиях рядовой эксплуатации оно не достигает даже значений, заявленных самими производителями.

Цель работы — изучение возможности повышения длительности рабочего процесса работа-подталкивателя корма с активным рабочим органом увеличением числа его проходов в условиях рядовой эксплуатации.

Материалы и методы. Исследования проводились на двух роботизированных фермах, на которых работают три робота-подталкивателя корма с активным рабочим органом. Проанализированы потребители тока робота, представлена аналитическая методика на основе хронометражных работ.

Результаты. Полученное аналитическое выражение для определения числа выездов в сутки $n_{\text{сут}}$, а также хронометражные работы показывают сходимость результатов и определяют в условиях рядовой эксплуатации робота-подталкивателя корма с активным рабочим органом $n_{\text{сут}}=7$. Установлено, что для повышения числа выездов роботу-подталкивателю корма с активным рабочим органом необходимо реализовывать максимально возможную рабочую скорость (своевременно проводить техническое обслуживание и обеспечить нужную шероховатость пола кормового прохода), либо устанавливать мощные аккумуляторные батареи и заменять либо модернизировать зарядные станции. Вместе с тем, достичь результата $n_{\text{сут}}=10$ в условиях рядовой эксплуатации можно при $l_p=100$ м, а при $l_p=300$ м необходима установка двух роботов, работающих синхронно в одном проходе. Отсутствие либо присутствие дополнительной опции в виде диспенсера внесения концентратов не оказывает влияние на параметр $n_{\text{сут}}$.

Выводы. Исследование рабочего процесса робота-подталкивателя корма с активным рабочим органом показывают, что заявляемое производителем число его выездов в сутки $n_{\text{сут}}$ не соответствует значениям в условиях рядовой эксплуатации на ферме. Экспериментальные исследования показывают, что $n_{\text{сут}}=7$, а достичь заявленное производителем $n_{\text{сут}}=10$ можно только на фермах с $l_p=100$ м, а при $l_p=300$ м необходима установка двух роботов, работающих синхронно в одном проходе. Для повышения показателя $n_{\text{сут}}$ необходимо своевременное проведение техобслуживания для поддержания максимально возможной рабочей скорости, а также установка еще более мощных аккумуляторных батарей и замены либо модернизации зарядных станций.

Ключевые слова: подталкиватель; корм; робот; потребитель тока; число выездов.

Как цитировать:

Комкин А.С., Савиных П.А. Исследование возможности повышения длительности рабочего процесса работа-подталкивателя корма с активным рабочим органом // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2023. Т. 90, № 5. С. 447–454. DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-456504>

DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-456504>

Original Study Article

Study of the possibility of increasing the duration of the working process of a feed pusher robot with an active working organ

Anton S. Komkin, Petr A. Savinykh

Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Kirov, Russian Federation

ABSTRACT

BACKGROUND: Feed-pushing robots with an active working organ used on farms show low efficiency as they have fewer runs per day compared to other types of robots due to the high energy costs for self-propulsion, mixing, feed pushing and adding concentrate having larger capacity of batteries. At the same time, according to livestock requirements in farms, the number of runs per day should be no less than ten. However, in the conditions of ordinary operation, it does not even reach the values stated by the manufacturers themselves.

AIMS: Study of the possibility of increasing the duration of the working process of a feed pusher robot with an active working organ by increasing the number of its runs in ordinary operation.

METHODS: The research was carried out on two robotic farms, where three feed pusher robots with an active working organ operate. The robot's current consumers are analyzed, the analytical method based on stopwatch works is presented.

RESULTS: The obtained analytical expression for determining the number of runs per day n_{day} , as well as stopwatch works, show the convergence of the results and define n_{day} equal to 7 for a feed pusher robot with an active working organ in the conditions of ordinary operation. It has been established that in order to increase the number of runs of a feed pusher robot with an active working body, it is necessary to make it operate at the maximal possible velocity (with timely maintenance and ensuring the necessary roughness of the floor of the feed passage) or to install powerful batteries and replace or upgrade charging stations. At the same time, it is possible to achieve the result of $n_{\text{day}}=10$ in ordinary operation conditions at $l_r=100$ m, whereas at $l_r=300$ m it is necessary to install two robots working synchronously in one aisle. The absence or presence of an additional option in the form of a concentrate dispenser does not affect the n_{day} parameter.

CONCLUSIONS: The study of the working process of a feed pusher robot with an active working organ shows that the number of its runs per day claimed by the manufacturer does not correspond to the values in the conditions of ordinary operation on a farm. Experimental studies show that $n_{\text{day}}=7$, and it is possible to achieve the $n_{\text{day}}=10$ declared by the manufacturer only on farms with $l_r=100$ m, and it is necessary to install two robots working synchronously in one aisle on farms with $l_r=300$ m. To increase the n_{day} value, timely maintenance is necessary to maintain the maximal possible operating velocity, as well as the installation of even more powerful batteries and replacement or modernization of charging stations.

Keywords: pusher; feed; robot; current consumer; number of runs.

To cite this article:

Komkin AS, Savinykh PA. Study of the possibility of increasing the duration of the working process of a feed pusher robot with an active working organ. *Tractors and Agricultural Machinery*. 2023;90(5):447–454. DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-456504>

Received: 26.05.2023

Accepted: 15.08.2023

Published online: 15.11.2023

ВВЕДЕНИЕ

Для подталкивания корма на фермах в России уже на протяжении 10 лет используются роботы-подталкиватели [1–3].

В последние 5 лет распространение получили роботы-подталкиватели корма с активным рабочим органом — шнеком. Это, прежде всего, OptiDuo компании DeLaval (Швеция), а также модели Butler Gold и Butler Gold PRO компании Wasserbauer (Австрия) и EM Lizard компании Euromilk (Польша) [1].

Наряду с достоинствами данных конструкций, в частности, рыхление и перемешивание корма с одновременным внесением концентрата, высокая чистота кормового стола после прохода [4], данные модели роботов-подталкивателей являются достаточно энергоемкими: чтобы преодолевать внутреннее трение и вращать шнек, роботы комплектуются аккумуляторными батареями большой емкости: 200–210 А·ч (две батареи по 100–105 А·ч каждая, соединяемые последовательно для получения напряжения 24 В).

Наибольшее внедрение получил робот-подталкиватель корма OptiDuo.

Особенностью данного робота-подталкивателя корма является то, что во время движения он не может покинуть индукционную линию и вернуться на зарядную станцию. В то же время он потребляет большое количество энергии (из-за привода рабочего органа), а также в режиме ожидания. Для предотвращения полной разрядки аккумуляторов производителем разработана система их защиты. В зависимости от напряжения батареи:

1. 25 В — робот-подталкиватель не запускается (при нахождении на зарядной станции);
2. 23 В — отображается предупреждающее сообщение, но робот-подталкиватель продолжает запуск;
3. 21 В — полная остановка робота-подталкивателя.

При активации системы защиты аккумуляторных батарей необходимо будет заряжать их в течение 12 часов подряд, чтобы вернуть полный функционал роботу-подталкивателю корма.

Производитель в техническом описании заявляет, что возможное число проходов робота в сутки может достигать десяти [5, 6].

Однако, изученный авторами опыт рядовой эксплуатации роботов-подталкивателей в хозяйствах Кировской области говорит о том, что их реальное число выездов в сутки не соответствует технической спецификации. Вместе с тем, по нормам кормления, необходимо увеличивать число подталкиваний корма в сутки.

Цель — изучение возможности повышения длительности рабочего процесса робота-подталкивателя корма с активным рабочим органом увеличением числа его проходов в условиях рядовой эксплуатации.

Объект исследования — робот-подталкиватель корма OptiDuo DeLaval, на котором установлены две гелевые

аккумуляторные батареи Vision-6FM100P-X, соединенные последовательно 2×100 А·ч 24 В. Зарядная станция робота имеет на контактах выход 24 В постоянного тока силой 12 А [5].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Условия проведения

Экспериментальные исследования проводились на:

1. роботизированной ферме (2018 г. постройки) на 500 голов беспривязного содержания с доильно-молочным блоком DeLaval в СХПК им. Кирова Оричевского района Кировской области (работает 2 робота OptiDuo (в каждом проходе по роботу): Serial No, Year or prod. 0 340/2018 и Year or prod. 0 345/2018. Их зарядные станции: Serial No, Year or prod. 0 345/2018 и Serial No, Year or prod. 0 346/2018);
2. роботизированной ферме на 200 голов (2019 г. постройки) беспривязного содержания с доильно-молочным блоком DeLaval в АО племзавод «Соколовка» Зуевского района Кировской области (работает 1 робот OptiDuo: Serial No, Year or prod. 0 334/2018. Его зарядная станция: Serial No, Year or prod. 0 333/2018).

Продолжительность исследований

Продолжительность периода наблюдения принималась одни сутки. В основу исследования был положен хронометражный метод.

Средняя рабочая скорость за один выезд измерялась путем разделения трассы на контрольные участки: по опорным колоннам (метки выполнялись мелом на кормовом проходе у транспондеров с контролем расстояния лазерным дальномером Mileseeey X5), на которых робот-подталкиватель корма движется с включенным и с выключенным рабочим органом. Секундомером СОСпр-26-2-000 «Агат» измерялось время прохода расстояния того или иного участка, затем вычислялась средняя скорость за проход:

$$V_{\text{р}}^{\text{ср}} = \frac{l_{\text{зам}}}{t_{\text{зам}}}, \quad (1)$$

где $l_{\text{зам}}$ — контрольное расстояние, проходимое роботом-подталкивателем корма, м; $t_{\text{зам}}$ — время, за которое робот-подталкиватель корма проходит контрольное расстояние, мин.

Кривая восстановления емкости аккумуляторной батареи Vision-6FM100P-X во время заряда (рис. 3) получена следующим образом. Замерялся зарядный ток через амперметр ЭЗ0-П, установленный между зарядным модулем и зарядными контактами зарядной станции через выпрямитель тока (рис. 1). Показания напряжения снимались по ручному терминалу робота-подталкивателя корма (рис. 2).

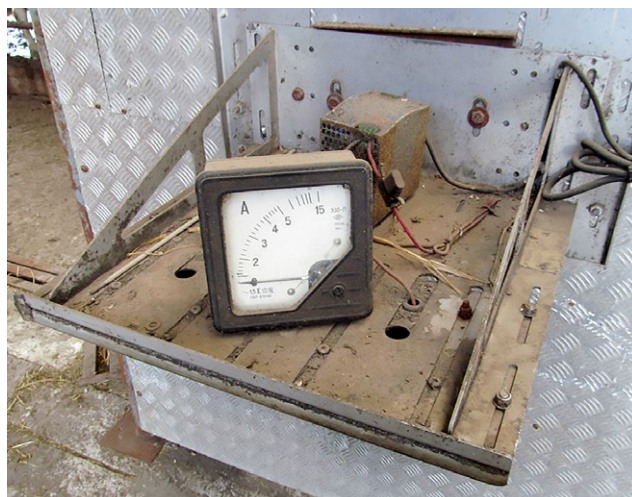


Рис. 1. Амперметр Э30-П и выпрямитель тока, установленные на зарядной станции робота-подталкивателя корма.

Fig. 1. The E30-P ampere meter and a rectifier installed on the charging station of the feed pusher robot.

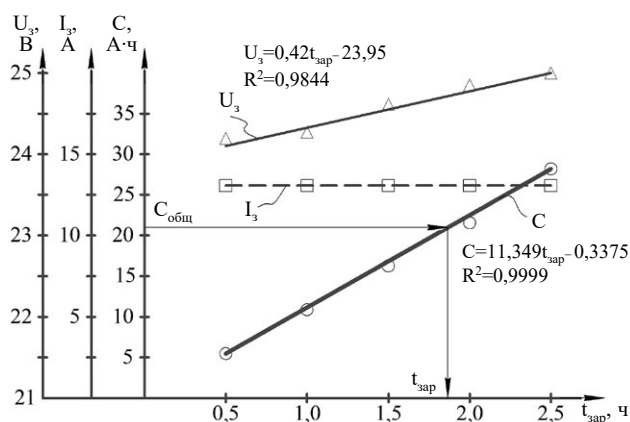


Рис. 3. Определение времени дополнительной подзарядки аккумуляторных батарей Vision-6 FM100P-X для восстановления ее начальной емкости.

Fig. 3. Determination of the time of additional recharging of the Vision-6 FM 100 PX batteries to restore its initial capacity.

Параллельно с этим, напряжение на клеммах батарей контролировалось мультиметром Tesla DT832. Затем по известной формуле [7] вычислялись текущие значения:

$$C = \frac{P \cdot t}{U_c \cdot \eta} = \frac{U_3 \cdot I_3 \cdot t}{U_c \cdot \eta}, \quad (2)$$

где U_3 — текущее значение напряжения при заряде, В; I_3 — ток зарядки, $I_3 = 12$ А; t — время зарядки, ч; U_c — напряжение сети, $U_c = 24$ В; η — отдача по энергии кпд, $\eta = 0,9$.

Значение потребляемого тока потребителями принималось по шильдику, установленному на каждом из электродвигателей и электронных плат потребителя.

Обработка опытных данных производилась в среде программ Компас-3D v.17 и Microsoft Excel.



Рис. 2. Ручной терминал робота OptiDuo с показаниями технологического процесса.

Fig. 2. The manual terminal of the OptiDuo robot with the process indicators.

ОБСУЖДЕНИЕ

Время проезда роботом одного круга от зарядной станции туда и обратно рассчитывается по формуле

$$T = t_p + t_{xx}, \quad (3)$$

где t_p — время движения робота-подталкивателя корма с включенным рабочим органом, мин,

$$t_p = \frac{l_p}{V_p^{cp}}, \quad (4)$$

где l_p — длина рабочего хода робота-подталкивателя корма (с включенным рабочим органом), м; V_p^{cp} — средняя рабочая скорость робота-подталкивателя корма за время проезда одного круга, м/мин; t_{xx} — время движения холостым ходом робота-подталкивателя корма (с выключенным рабочим органом), мин,

$$t_{xx} = \frac{l_{xx}}{V_p^{cp}}, \quad (5)$$

где l_{xx} — длина холостой ход робота-подталкивателя, м.

Расход тока аккумуляторной батареи за час работы робота-подталкивателя корма определяется согласно:

$$C_{общ} = C_{р.шн} + C_p + C_{р.шн.дис.}, \quad (6)$$

где $C_{р.шн}$ — расход тока аккумуляторной батареи за час работы робота-подталкивателя корма с включенным рабочим органом, А·ч,

$$C_{р.шн} = \frac{t_p \cdot (I_{дв} + I_{шн} + I_{эл})}{60}, \quad (7)$$

где $I_{дв}$ — потребление тока электродвигателями мотор-редукторов ведущих колес, А; $I_{шн}$ — потребление тока

электродвигателем редуктора привода шнека, A ; $I_{эл}$ — потребление тока электроникой блока управления, A ; C_p — расход тока аккумуляторной батареи за час работы робота-подталкивателя корма с выключенным рабочим органом, $A \cdot ч$,

$$C_p = \frac{t_{хх} \cdot (I_{дв} + I_{эл})}{60}, \quad (8)$$

$C_{р.шн.дис.}$ — расход тока аккумуляторной батареи за час работы робота-подталкивателя корма с включенным рабочим органом и диспенсере внесения концентратов, $A \cdot ч$,

$$C_{р.шн.дис.} = \frac{t_p \cdot (I_{дв} + I_{шн} + I_{дис} + I_{эл})}{60}, \quad (9)$$

$I_{дис}$ — потребление тока электродвигателем диспенсера концентратов, A .

По определенному значению емкости $C_{общ}$ по выражению (6), используя график восполнения емкости аккумуляторной батареи при заряде (рис. 3), необходимо определить дополнительное время ее заряда:

$$t_{зар}^{доп} = t_{АКБ} - t_{зар}, \quad (10)$$

где $t_{АКБ}$ — время непрерывной зарядки аккумуляторной батареи в сутки (принимается по характеристикам аккумуляторных батарей), мин.

Тогда время одного цикла работы робота-подталкивателя корма составит:

$$t_{цикл} = t_{зар} + T. \quad (11)$$

Тогда возможное число выездов робота-подталкивателя корма в сутки определится по формуле:

$$n_{сут} = k_3 \cdot \frac{1440 - t_{зар}^{доп}}{t_{цикл}}, \quad (12)$$

где k_3 — коэффициент эксплуатации, учитывающий выход из строя транспондеров (несвоевременность выключения рабочего органа), время ожидания (на поворотах при заезде к месту парковки, при возникших препятствиях на трассе), $k_3 = 0,85-0,95$.

Полученное значение числа выездов $n_{сут}$ в формуле (12) следует округлять до целого в меньшую сторону.

В процессе исследования работы развивали скорость $V_p^{ср}$ от 5,2 до 5,8 м/мин.

В таблице 1 представлены потребители тока аккумуляторной батареи робота-подталкивателя корма OptiDuo.

На основе таблицы 1 и формул (3)–(12) рассчитано возможное число выездов, представленное в таблице 2.

В таблице 3 представлено сопоставление реального числа выездов в хозяйствах робота-подталкивателя корма OptiDuo и максимально возможное по емкости его аккумуляторных батарей.

Поскольку ферма в СХПК им. Кирова имеет $l_p = 154$ м, то возможно повысить число выездов на два, причем они хорошо вписываются в цикл работы: между 4-00 и 9-00 часов утра — робот-подталкиватель будет совершать выезд в 6-30 — и между 23-00 и 4-00 — будет совершать выезд в 2-00. Однако, это количество выездов все еще не достигает числа 10.

В условиях рядовой эксплуатации робота-подталкивателя корма OptiDuo в АО племзавод «Соколовка» с $l_p = 213$ м можно увеличить лишь на один доведением развиваемой им скорости $V_p^{ср}$ до паспортной путем обработки пола фермы, придав ему необходимую шероховатость. В этом случае максимальное число выездов в сутки робота-подталкивателя составит 8, что также не достигает числа выездов 10.

ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований получено выражение (12) для определения числа выездов робота-подталкивателя корма $n_{сут}$. В решительной степени на параметр $n_{сут}$ влияет расстояние l_p , когда робот-подталкиватель проезжает с выключенным рабочим органом и рабочей скоростью $V_p^{ср}$. Не активация дополнительной опции — диспенсера для выдачи концентратов — не дает выигрыша в числе проходов робота. Методику расчета — формулы (2)–(12) — можно применять для определения возможного числа проходов любого робота-подталкивателя корма при определении коэффициента k_3 при его рядовой эксплуатации.

Таблица 1. Потребители тока робота-подталкивателя корма OptiDuo

Table 1. Current consumers of the OptiDuo feed pusher robot

№ п/п	Потребитель	Обозначение	Значение, А
1	Электродвигатели мотор-редукторов ведущих колес	$I_{дв}$	6
2	Электродвигатель редуктора привода шнека	$I_{шн}$	15
3	Электроника блока управления	$I_{эл}$	1,3
4	Электродвигатель диспенсера концентратов	$I_{дис}$	3
Итого			$24 < I_{аккумулятор.бат.} = 30$

Таблица 2. Число выездов робота $n_{\text{сут}}$ в зависимости от расстояния l_p и l_x , проходимого роботом-подталкивателем корма
Table 2. The number of robot runs n_{day} depending on the distance l_p and l_x covered by the feed pusher robot

$l_p, \text{ м}$	$l_x, \text{ м}$	$V_p^{\text{ср}}, \text{ м/мин}$				
		4,0	4,5	5,0	5,5	5,9 (заявлена производителем)
100	0–30	10	10	–	–	–
	30–60	9	–	–	–	–
	0–60	–	10	–	–	–
	0–100	–	–	10	–	–
	70–130	8	–	–	–	–
	0–150	–	–	–	10	–
	150–210	–	–	–	8	–
	0–180	–	–	–	–	10
	100–190	–	–	8	–	8
	180–230	–	–	–	–	–
	190–300	–	–	7	–	–
	60–80	–	9	–	–	–
	80–150	–	8	–	–	–
200	0–30	–	–	8	–	–
	0–60	–	–	–	8	–
	30–130	–	–	7	–	–
	0–70	6	–	–	–	–
	0–90	–	7	–	–	–
	0–50	–	–	–	–	9
	70–180	5	–	–	–	–
	60–160	–	–	–	7	–
	50–120	–	–	–	–	8
	90–120	–	6	–	–	–
	130–220	–	–	6	–	–
	120–290	–	5	–	–	–
	120–180	–	–	–	–	7
	160–290	–	–	–	6	–
	180–360	–	–	–	–	6
300	0–60	5*	5	5	–	–
	0–90	–	–	–	6	–
	0–100	–	–	–	–	7
	100–290	–	–	–	–	5
	0–170	–	–	5	–	–
	90–220	–	–	–	5	–
	170–310	–	–	4*	–	–
	220–440	–	–	–	4*	–
	130–200	–	4*	–	–	–
400	0–120	–	–	–	5*	–
	0–150	–	–	–	–	5
	120–130	–	–	–	4*	–

* — активация диспенсера невозможна.

Таблица 3. Число проходов робота $n_{\text{сут}}$ в условиях рядовой эксплуатации и определенное аналитически**Table 3.** The number of robot runs n_{day} in conditions of ordinary operation and determined analytically

Хозяйство	Запрограммированное время старта роботов-подталкивателей	Число выездов $n_{\text{сут}}$		
		В условиях рядовой эксплуатации		Максимально возможное по выражению (12)
		текущее	требуемое	
СХПК имени Кирова ($l_p=154$ м; $l_{xx}=60$ м; $V_p^{\text{cp}}=5,8$ м/мин)	4-00; 6-30*; 9-00; 11-00; 13-30; 18-00; 21-00; 23-00; 2-00*	7	9–10	9
АО племзавод «Соколовка» ($l_p=213$ м; $l_{xx}=29,3$ м; $V_p^{\text{cp}}=5,1$ м/мин)	1-00; 3-00; 5-30*; 9-00; 12-00; 16-30; 19-00; 21-00	7	10	7/8**

* — рекомендованное хозяйству по результатам исследования;

** — при условии доведения скорости до паспортной в 5,9 м/мин.

Установлено, что в условиях рядовой эксплуатации максимальное число выездов робота-подталкивателя корма с активным рабочим органом составляет $n_{\text{сут}} = 7-8$, что меньше заявленного производителем. Заявленное производителем число выездов 10 достигается в рядовых условиях эксплуатации при $l_p = 100$ м. При длине $l_p \leq 300$ м в одном проходе следует устанавливать 2 робота-подталкивателя.

В условиях рядовой эксплуатации, ни при каких обстоятельствах, невозможно довести число проходов робота-подталкивателя корма до 10, кроме изменения конструкционных параметров, а именно, повышения емкости аккумуляторных батарей и повышения тока зарядной станции. Не выполнение в полном объеме технического обслуживания, рекомендованного изготовителем, в особенности своевременная замена ведущих колес из-за износа протектора и замена самих аккумуляторных батарей, влечет к снижению $n_{\text{сут}}$ на 1–2 выезда по причине падения развиваемой скорости и быстрой разрядки аккумуляторных батарей.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Вклад авторов. А.С. Комкин — сбор и анализ литературных источников, проведение эксперимента, обработка экспериментальных данных, подготовка и написание текста статьи; П.А. Савиных — научное руководство и редактирование статьи. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям

ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с проведенным исследованием и публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования и подготовке публикаций.

ADDITIONAL INFORMATION

Authors' contribution. A.S. Komkin — collecting and analyzing literary sources, conducting an experiment, processing experimental data, preparing and writing the text of the article; P.A. Savinykh — scientific guidance and editing of the article. The authors confirm that their authorship meets the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, research and preparation of the article, read and approved the final version before publication).

Competing interests. The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the conducted research and the publication of this article.

Funding source. The authors state that there is no external funding when conducting research and preparing publications.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алешин-Вдовенко В. Системы автоматизированного кормления для ферм будущего // ФЕРМЕР. Поволжье. 2017. № 6 (60). С. 77–82.
2. Питерс И. Роботы, которые кормят // Моя Сибирь для животноводов. 2019. № 1. С. 20–22.

3. Комкин А.С., Вахрамеев Д.А., Николаев В.А. Использование подталкивателей кормов на молочных фермах // Инновационные решения стратегических задач агропромышленного комплекса: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию Удмуртского ГАУ. В 3 т.

Том 3. Ижевск: Удмуртский государственный аграрный университет, 2023. С. 24–28.

4. Робот-пушер OptiDuo. Протокол испытаний № 06-05-2020 (3240042) Оричи: ФГБУ «Кировская МИС», 2020.

REFERENCES

1. Alyoshin-Vdovenko V. Automated feeding systems for farms of the future. *FERMER. Povolzhye*. 2017;6(60):77–82. (In Russ).

2. Peters I. Robots that feed. *Moya Sibir dlya zhivotnovodov*. 2019;1:20–22. (In Russ).

3. Komkin AS, Vakhrameev DA, Nikolaev VA. The use of feed pushers on dairy farms. In: *Innovative solutions to strategic tasks of the agro-industrial sector: Materials of the International scientific and practical conference dedicated to the 80th anniversary of the Udmurt State Agrarian University*. In 3 vols.

5. Робот-пушер OptiDuo™. Руководство по эксплуатации. Инструкция производителя 64271001. ДеЛаваль, 2018.

6. DeLaval OptiDuo™ Robotic Feed Refresher. DeLaval Inc., 2019. P. 6.

7. Устинов П.И. Обслуживание стационарных свинцово-кислотных аккумуляторов. Изд. 3-е, перераб. и доп. М.: Энергия, 1974.

ОБ АВТОРАХ

* **Комкин Антон Сергеевич,**

доцент, канд. техн. наук,
старший научный сотрудник лаборатории механизации
животноводства;

адрес: Российская Федерация, 610007, Киров,

ул. Ленина, д. 166а;

ORCID: 0009-0007-3236-422X;

eLibrary SPIN: 2192-4928;

e-mail: akomkin@yandex.ru

Савиных Петр Алексеевич,

профессор, д-р техн. наук,
главный научный сотрудник, заведующий лабораторией
механизации животноводства;

ORCID: 0000-0003-0524-9721;

eLibrary SPIN: 5868-9317;

e-mail: peter.savinyh@mail.ru

Vol. 3. Izhevsk: Udmurt State Agrarian University; 2023:24–28. (In Russ).

4. *The OptiDuo pusher robot*. Test report No. 06-05-2020 (3240042) Oriichi: FGBU "Kirovskaya MIS"; 2020. (In Russ)

5. *The Robot pusher OptiDuo™. Operation manual. Manufacturer's Manual 64271001*. DeLaval; 2018. (In Russ).

6. *DeLaval OptiDuo™ Robotic Feed Refresher*. DeLaval Inc.; 2019.

7. Ustinov PI. *Maintenance of stationary lead-acid batteries*. Ed. 3rd, reprint. and additional Moscow: Energy; 1974. (In Russ).

AUTHORS' INFO

* **Anton S. Komkin,**

Associate Professor, Cand. Sci. (Tech.),
Senior Scientist of Livestock Mechanization Laboratory;
address: 166a Lenina street, 610007 Kirov,

Russian Federation;

ORCID: 0009-0007-3236-422X;

eLibrary SPIN: 2192-4928;

e-mail: akomkin@yandex.ru

Peter A. Savinykh,

Professor, Dr. Sci. (Tech.),
Chief Scientist, Head of Livestock Mechanization Laboratory;

ORCID: 0000-0003-0524-9721;

eLibrary SPIN: 5868-9317;

e-mail: peter.savinyh@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author