Принадлежность к организации

Романов Вячеслав Анатольевич – старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр лубяных культур», Россия, г. Тверь, e-mail: romanoff_va@bk.ru.

Новиков Эдуард Валерьевич – кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр лубяных культур», Россия, г. Тверь, e-mail: edik1@kmtn.ru.

Author credentials

Affiliations

Romanov Vyacheslav – Senior Researcher of Federal State Budgetary Research Institution "Federal Research Center for Bast Fiber Crops", Russia, Tver, e-mail: romanoff_va@bk.ru.

Novikov Eduard – Candidate of Technical Sciences, associate Professor, Leading Researcher of Federal State Budgetary Research Institution "Federal Research Center for Bast Fiber Crops", Russia, Tver, e-mail: edik1@kmtn.ru.

Поступила в редакцию (Received): 16.01.2020 Принята к публикации (Accepted): 19.02.2020

УДК 631.172
DOI: 10.35887/2305-2538-2020-1-11-21

ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ СИСТЕМЫ РАЗДАЧИ КОРМОВ

[1]Ведищев Сергей Михайлович
[1,2,3]Завражнов Анатолий Иванович
[1]Прохоров Алексей Владимирович
[4]Бралиев Майдан Кабатаевич

[1]ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»
[2]ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет»
[3]ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»
[4]НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана»

Реферат. *Использование дозирующих органов кормораздатчиков с возможностью оперативного изменения подачи (дозы) с улучшенными показателями качества и удельных энергозатрат позволяет повысить эффективность кормления свиней. Рассмотрены варианты расчета энергозатрат удельных при выдаче корма в кормушки в индивидуальные и групповые с остановкой кормораздатчиков и без. Суммарные энергозатраты за цикл складываются из энергозатрат на транспортирование корма от линии загрузки до линии раздачи, перемещение раздатчика от линии раздачи к линии загрузки, перемещение кормораздатчика при переезде с одной линии кормораздачи на другую в пределах одного помещения и непосредственно на раздачу корма. В соответствии с балансом времени при раздаче корма в непрерывные или индивидуальные кормушки кормораздатчик загружается кормом в линии загрузки, транспортирует корм к линии раздачи, выдает корм животным и возвращается к месту загрузки. При этом мощность расходуется на приводы мешалки, ходовой части и дозирующих органов. Результаты лабораторных исследований электромобильных кормораздатчиков при выдаче корма в индивидуальные и групповые кормушки показали преимущество кормораздатчика на пневматических колесах с модернизированными рабочими органами. Неравномерность выдачи корма кормораздатчиками, оснащенные модернизированными рабочими органами находилась в пределах зоотехнических требований и не превышала 5%. Сравнительная оценка использования кормораздатчиков по показателю энергоэффективности показывает, что более низкие затраты имеют кормораздатчики при выдаче в групповые кормушки, чем при выдаче в индивидуальные в среднем в 1,65 раза.*

Ключевые слова: *баланс времени, кормораздатчик, кормушка, скорость, энергозатраты.*

RATIONALE FOR AN EFFECTIVE FEED DISTRIBUTION SYSTEM

[1]Vedishchev Sergei
[1,2,3]Zavrazhnov Anatoly
[1]Prokhorov Alexey
[4]Braliev Maidan

[1]FSBEI HE "Tambov state technical university"
[2]FSBEI HE "Michurinsk State Agrarian University"
[3]FSBSI "All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture"
[4]Non profit JSC "Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian Technical University"

Abstract. *The use of dosing units of feed feeders with the ability to quickly change the feed (dose) with improved quality indicators and specific energy consumption allows to increase the efficiency of feeding pigs. The options for calculating the specific energy consumption when feeding fodder to individual and group feeds with and without stopping feeders are considered. The total energy consumption per cycle consists of the energy consumption for transporting the feed from the feed line to the distribution line, moving the distributor from the distribution line to the loading line, moving the feeder when moving from one feed line to another within the same room and directly to the feed distribution. The feed dispenser is loaded with feed in the loading line, transports the feed to the distribution line, dispenses the feed to the animals and returns to the loading point in accordance with the time balance when distributing the feed to continuous or individual feeders. In this case, power is consumed on the drives of the mixer, chassis and metering bodies. The results of laboratory studies of electromobile feed dispensers when feeding feed to individual and group feeders showed the advantage of a feed dispenser on pneumatic wheels with modernized working bodies. The uneven distribution of feed by feeders equipped with modernized working bodies was within the zootechnical requirements and did not exceed 5%. A comparative assessment of the use of feed dispensers in terms of energy efficiency shows that feed dispensers have lower costs when dispensing to group feeders than when issuing individual ones on average 1.65 times.*

Keywords: *time balance, feeder, feeder, speed, energy consumption.*

Введение. Одной из самых сложных задач на свиноводческом комплексе является нормированная раздача корма в групповые или индивидуальные кормушки. Использование дозирующих органов кормораздатчиков с возможностью оперативного изменения подачи (дозы) с улучшенными показателями качества и удельных энергозатрат позволяет повысить эффективность кормления свиней [1 – 4, 6 – 9].

В связи с этим требуется выбрать эффективную систему кормораздачи для свиней. Наиболее обобщающим критерием оценки системы раздачи кормов является технологический эффект, который связывает показатели энергоэффективности и качества выполнения процесса раздачи и приготовления кормов.

Материалы и методы. Суммарные удельные энергозатраты при выдаче корма в кормушки за цикл составляет [5]:

$$Э_{\Sigma} = \frac{Э_{ц}}{m_{кор}}, \quad (1)$$

где $Э_{\Sigma}$ – суммарные удельные энергозатраты при выдаче корма в кормушки, Вт·с/кг;

$Э_{ц}$ – суммарные энергозатраты за цикл при выдаче в кормушки, Вт·с;

$m_{кор}$ – количество кормы. выданного в кормушки за цикл, кг.

Суммарные энергозатраты за цикл при выдаче корма в кормушки составят:

$$Э_{ц} = Э_{р} + Э_{дост} + Э_{х} + Э_{пл}, \quad (2)$$

где $Э_{р}$ – энергозатраты непосредственно на раздачу корма, Вт·с;

$Э_{дост}$ – энергозатраты на транспортирование корма от линии загрузки до линии раздачи, Вт·с;

$Э_{х}$ – энергозатраты на перемещение раздатчика от линии раздачи к линии загрузки, Вт·с;

$Э_{пл}$ – энергозатраты на перемещение кормораздатчика при переезде с одной линии кормораздачи на другую в пределах одного свинарника, Вт·с.

В соответствии со схемой баланса времени раздачи корма в непрерывные кормушки (рисунок 1) кормораздатчик загружается кормом в линии загрузки ($t_{загр}$). При этом работает только мешалка в бункере кормораздатчика и мощность расходуется на привод мешалки ($N_{см}$). После загрузки бункера кормораздатчика кормом включается привод ходовой части. Кормораздатчик при работающей мешалке разгоняется до скорости $V_{агр}$ за время $t^{п}_{разг}$. Затем кормораздатчик перемещается от линии загрузки к первой кормушке (время $t_{пер}$). Мощность расходуется на привод мешалки ($N_{см}$) и перемещение ходовой части ($N_{пер}$). Суммарные энергозатраты на этом этапе определятся:

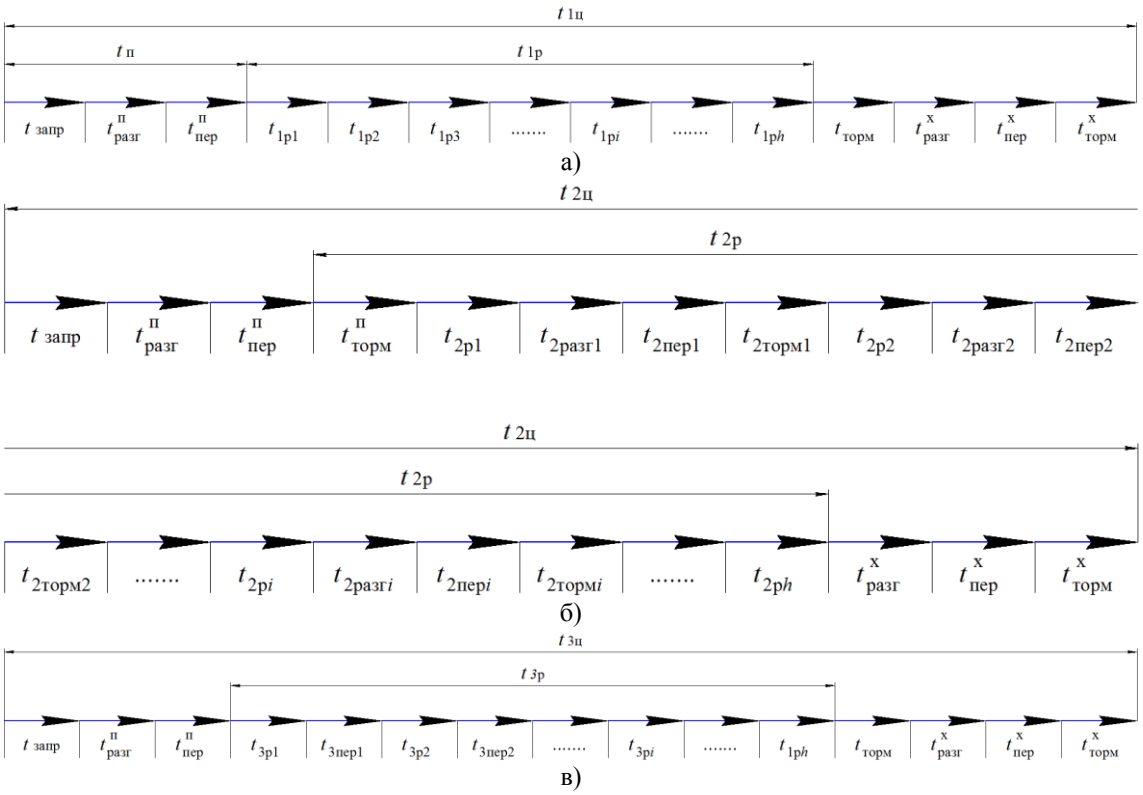
$$Э_{дост} = Э_{загр} + Э_{разг} + Э_{х} + Э_{пвр}, \quad (3)$$

где $Э_{дост}$ – энергозатраты на этапе доставки корма к линии раздачи (рисунок 1), Вт·с;

$Э_{загр}$ – энергозатраты на этапе загрузки бункера кормораздатчика кормом (за время $t_{загр}$), Вт·с;

$Э_{разг}$ – энергозатраты за время разгона кормораздатчика до рабочей скорости, Вт·с;

$Э_{пер}$ – энергозатраты за время перемещения кормораздатчика от места загрузки до первой кормушки, Вт·с.



а) раздача в непрерывные кормушки
б) раздача в индивидуальные кормушки с остановкой кормораздатчика
в) раздача в индивидуальные кормушки без остановки кормораздатчика

Рисунок 1 – Схема баланса времени и последовательности при выполнении операций при раздаче корма

Энергозатраты кормораздатчики на этапе загрузки расходуются только на привод мешалки:

$$Э_{загр} = N_{см} \cdot t_{загр}, \quad (4)$$

где $N_{см}$ – мощность на привод мешалки, Вт;

$t_{загр}$ – время на загрузку кормораздатчика, с.

При разгоне кормораздатчика мощность расходуется на привод мешалки и разгон кормораздатчика, то есть

$$Э_{разг} = N_{см} \cdot t_{загр} + (P_f + P_j) \cdot V_{агр} \cdot t_{пер}, \quad (5)$$

где $t_{разг}$ – время разгона кормораздатчика, с.

При перемещении кормораздатчика от линии загрузки до первой кормушки мощность расходуется на привод мешалки и привод ходовой части:

$$Э_{пер} = N_{см} \cdot t_{пер} + \left(P_f + P_j\right) \cdot V_{агр} \cdot t_{пер}, \quad (6)$$

где $t_{пер}$ – время переезда кормораздатчика от линии загрузки до первой кормушки, с.

При подъезде кормораздатчика к линии кормораздачи в зависимости от установленных объемно-планировочных решений и применяемых электромобильных раздатчиков корм раздается по одному из трех вариантов:

а) выдача корма в групповые кормушки. Норма выдачи корма устанавливается настройкой дозирующих органов и(или) скоростью перемещения кормораздатчика;

б) выдача корма в индивидуальные кормушки. Нома выдачи устанавливается дозирующим органом с остановкой кормораздатчика у каждой кормушки;

в) выдача корма в индивидуальные кормушки. Нома выдачи устанавливается дозирующим органом без остановки кормораздатчика у каждой кормушки.

Применение усовершенствованных дозирующих органов и ходовой части позволяет регулировать норму выдачи в кормушки, настройкой дозирующего органа по положениям задатчика дозы или исполнительным механизмом. В базовом варианте норма выдачи регулируется только положением дозирующей заслонки в зоне загрузочного окна и контролируется оператором визуально.

Рассмотрим вариант выдачи корма в групповые кормушки. Раздача корма в непрерывные кормушки (рисунок 1, а) происходит при движении кормораздатчика вдоль линии кормления без остановки. При раздаче в непрерывные кормушки мощность расходуется на привод мешалки, ходовой части и дозирующих органов, работающих одновременно:

$$Э_{1n} = \sum_{i=1}^{n} \left(N_{1см i} \cdot t_{1pi} + N_{1gi} \cdot t_{1pi} + \left(P_{1fi} + P_{1ji}\right) \cdot V_{1pi} \cdot t_{1pi}\right), \quad (7)$$

где $N_{1см i}$ – мощность на привод смесителя при движении вдоль i-ой группы животных, Вт;

N_{1gi} – мощность на привод дозатора при выдаче корма i-ой группе животных, Вт;

P_{1fi} – сила сопротивления качению колес на *i*-ом участке, Н;

P_{1ji} – сила инерции, возникающие из-за изменения поступательной скорости кормораздатчика, Н;

t_{1pi} – время выдачи корма *i*-ой группе животных, с;

V_{1pi} – скорость движения кормораздатчика при выдачи корма *i*-ой группе животных, м/с;

n – количество групп животных, шт.

По окончании выдачи корма в последнюю кормушку привод дозирующих органов и смесителя отключается и включаются тормозные механизмы.

Затем раздатчик возвращается к началу загрузки. Мощность расходуется только на привод ходовой части:

$$\begin{aligned} Э_{1x} &= \left(P_{1f} + P_{1j}\right) \cdot V_{1pi} \cdot t_{торм} + \left(P_{1f} + P_{1j}\right) \cdot V_{1px} \cdot t_{разг} + P_{1f} V_{1px} \cdot t_{1пер} + \\ &+ \left(P_{1f} + P_{1j}\right) \cdot V_{1px} \cdot t_{торм} = \left(P_{1f} + P_{1j}\right) \cdot \left(L_{торм i} + L_{разгх} + L_{тормх}\right) + P_{1f} \cdot L_{перх} \end{aligned}, \quad (8)$$

где V_{1px} – скорость перемещения кормораздатчика к линии загрузки, м/с;

V_{1pi} – скорость перемещения кормораздатчика при выдаче корма последней группе животных, м/с;

$L_{1торм i}$ – тормозной путь кормораздатчика после выдачи корма последней группы животных, м;

$L_{разгх}$ – путь разгона и торможения кормораздатчика без корма, м;

$L_{перх}$ – расстояние переезда кормораздатчика после раздачи линии загрузки, м.

Рассмотрим вариант выдачи корма в индивидуальные кормушки с остановкой кормораздатчика. В соответствии со схемой баланса времени раздачи корма в индивидуальные кормушки с остановкой кормораздатчика (рисунок 1б) затраты мощности на этапе загрузки бункера и перемещение от линии раздачи к первой кормушке будут такими же, как и в варианте

при раздаче в непрерывные кормушки (рисунок 1а).

Энергозатраты, $Э_{дост}$, будут определяться, как и в случае раздачи корма в непрерывные кормушки, по выражениям (3 – 6).

При подъезде к каждой кормушке включаются тормозные механизмы, кормораздатчик замедляется до полной остановки. Включается привод дозирующих органов и в кормушку выдается порция корма. После отключения привода дозатора включается привод ходовой части, кормораздатчик разгоняется до рабочей скорости, с которой далее перемещается до следующей кормушки, где процесс выдачи корма в кормушку повторяется. При выдаче корма и переезде раздатчика мешалка непрерывно работает.

Энергозатраты при выдаче корма в индивидуальные кормушки за цикл составят:

$$Э_{2р} = \sum_{i=1}^{n} Э_{2ркki} = \sum_{i=1}^{n} (Э_{2смi} + Э_{2рi} + Э_{2разгi} + Э_{2перi}), \quad (9)$$

где $Э_{2р}$ – суммарные энергозатраты на процесс раздачи корма в индивидуальные кормушки с остановкой кормораздатчика, Вт·с;

$Э_{2ркki}$ – энергозатраты при выдачи корма в одну кормушку, Вт·с;

n – количество кормушек, шт.

$Э_{2смi}$ – энергозатраты на привод мешалки за время выдачи в индивидуальную кормушку, Вт·с;

$Э_{2тормi}$ – энергозатраты на остановку кормораздатчика, Вт·с;

$Э_{2рi}$ – энергозатраты на привод дозатора при выдаче порции корма, Вт·с;

$Э_{2разгi}$ – энергозатраты на разгон кормораздатчика после выдачи порции корма при переезде к следующей кормушке, Вт·с;

$Э_{2перi}$ – энергозатраты на перемещение кормораздатчика при его переезде к следующей кормушке, Вт·с.

Энергозатраты на привод мешалки составят:

$$Э_{2см} = N_{смi} \cdot (t_{2тормi} + t_{2рi} + t_{2разгi} + t_{2перi}), \quad (10)$$

где $N_{смi}$ – мощность на привод мешалки, Вт;

$t_{2тормi}$, $t_{2рi}$, $t_{2разгi}$, $t_{2перi}$ – продолжительность торможения, дозирования, разгона и переезда соответственно, с.

Энергозатраты на остановку кормораздатчика:

$$Э_{2тормi} = (P_{2fi} + P_{2ji}) \cdot V_{2рi} \cdot t_{2тормi} = (P_{2fi} + P_{2ji}) \cdot L_{2рi}, \quad (11)$$

где $V_{2рi}$ – скорость движения кормораздатчика, м/с;

$L_{2рi}$ – тормозной путь, м.

Энергозатраты на дозирование корма:

$$Э_{2грi} = N_{2дi} \cdot t_{2рi}, \quad (12)$$

где $N_{2дi}$ – мощность на привод дозатора, Вт.

Энергозатраты на разгон кормораздатчика:

$$Э_{2разгi} = (P_{2fi} + P_{2ji}) \cdot V_{2рi} \cdot t_{2разгi} = (P_{2fi} + P_{2ji}) \cdot L_{2разгi}, \quad (13)$$

где $L_{2разгi}$ – путь разгона кормораздатчика, м.

Энергозатраты на перемещение кормораздатчика:

$$Э_{2перi} = P_{2fi} \cdot V_{2рi} \cdot t_{2перi} = P_{2fi} \cdot L_{2перi}, \quad (14)$$

где $V_{2рi} \cdot t_{2перi} = L_{2перi}$ – расстояние между кормушками, м.

По окончании выдачи корма в последнюю кормушку раздатчик возвращается к линии загрузки. Энергозатраты на возвращение раздатчика к линии загрузки определятся аналогично выражению (8) без учета затрат энергии на торможение перед последней кормушкой:

$$\begin{aligned} Э_{2x} &= (P_{2f} + P_{2j}) \cdot V_{2рx} \cdot t_{2разг} + P_{2f} \cdot V_{2рx} \cdot t_{2пер} \cdot V_{2рx} + (P_{2f} + P_{2j}) \cdot V_{2рx} = \\ &= (P_{2f} + P_{2j}) \cdot (L_{разг} - L_{торм}) + P_{2f} \cdot L_{2перx} \end{aligned}, \quad (15)$$

где $V_{2рx}$ – скорость перемещения кормораздатчика к линии загрузки, м/с.

Рассмотрим вариант выдачи корма в индивидуальные кормушки без остановки кормораздатчика. Энергозатраты за цикл при выдаче корма в индивидуальные кормушки без остановки кормораздатчика (рисунок 1в) определяются по выражению (12), на транспортирование корма от линии загрузки до линии раздачи по выражению (14), на перемещение раздатчика к линии загрузки по выражению (8).

При раздаче корма в индивидуальные кормушки мощность расходуется на привод мешалки, ходовой части, работающих непрерывно, а также дозирующих органов, работающих дискретно.

Суммарные энергозатраты при выдаче корма определятся по выражению:

$$Э_{зр} = \sum_{i=1}^{n} Э_{зpi} = N_{зсмi}\left(t_{зpi} + t_{зперi}\right) + P_{зfi}V_{зpi}\left(t_{зpi} + t_{зперi}\right) + N_{здi}t_{зpi} = , \quad (16)$$
$$= N_{зсмi}\left(t_{зpi} + t_{зперi}\right) + N_{здi}t_{зpi} + P_{зfi}\left(L_{зfi} + L_{зперi}\right)$$

где $Э_{зpi}$ – энергозатраты при выдаче корма в кормушку, Вт·с;

$Э_{зр}$ – суммарные энергозатраты на процесс раздачи при выдаче корма в индивидуальные кормушки без остановки кормораздатчика, Вт·с.

$N_{зсмi}$ – мощность на привод мешалки во время выдачи корма в *i*-ую кормушку, Вт;

$N_{здi}$ – мощность на привод дозатора при выдаче корма в *i*-ую кормушку, Вт;

$P_{зfi}$ – сила сопротивления качению колес кормораздатчика при движении кормораздатчика вдоль *i*-ой кормушки, Н;

$t_{зpi}$ – время выдачи корма в *i*-ую кормушку;

$t_{зперi}$ – время перемещения кормораздатчика между кормушками, с;

$V_{зpi}$ – скорость перемещения кормораздатчика при выдаче корма в *i*-ую кормушку, м/с;

$L_{зpi}$ – расстояние, которое проезжает кормораздатчик при выдаче корма в *i*-ую кормушку, м;

$L_{зперi}$ – расстояние переезда между кормушками, м.

Расстояние, которое проезжает кормораздатчик при выдаче корма в кормушку, а также расстояние между кормушками, зависят от объемно-планировочных решений помещения, в котором содержатся животные.

Время выдачи корма в кормушку, точность позиционирования дозирующего органа над кормушкой, а также время перемещения кормораздатчика между кормушками зависит, в первую очередь, от скорости перемещения кормораздатчика.

По окончании выдачи корма в последнюю кормушку раздатчик возвращается к линии загрузки. Энергозатраты определяются по выражению (8).

При переезде раздатчика с одной линии кормораздачи на другую в пределах одного свинарника при достаточной ширине коридора для маневрирования при развороте осуществляется за счет поворота управляемых ведомых колес (передней оси).

Энергозатраты при переезде кормораздатчика с одной линии раздачи на другую составят:

$$Э_{пл1} = P_f \cdot V_{рпл} \cdot t_{пл} = P_f \cdot L_{пл}, \quad (17)$$

где $Э_{пл1}$ – энергозатраты при переезде кормораздатчика с одной линии раздачи на другую при повороте за счет управляемых колес передней оси, Вт·с;

$V_{рпл}$ – скорость движения кормораздатчика при переезде, м/с;

$t_{пл}$ – время переезда, с;

$L_{пл}$ – путь, проходимый кормораздатчиков при переезде, м.

При переезде раздатчика с одной линии кормораздачи на другую при развороте на месте за счет применения ходовой части имеющей установленные на поворотном горизонтальном диске пару ведущих колес, имеющих свой узел управления, энергозатраты будут складываться из следующих этапов: разворота кормораздатчика на месте; перемещения между линиями кормления; разворот кормораздатчика на месте для ориентации вдоль линии кормления.

Энергозатраты определятся по выражению:

$$Э_{пл2} = Э_{плр} + Э_{плп} + Э_{плр} = 2Э_{плр} + Э_{плп}, \quad (18)$$

где $Э_{плр}$ – энергозатраты при развороте кормораздатчика на месте, Вт·с;

$Э_{плп}$ – энергозатраты при перемещении раздатчика между линиями кормления, Вт·с.

Энергозатраты при развороте кормораздатчика составляют:

$$Э_{плр} = 2Э_{плвк} + Э_{плк}, \quad (19)$$

где $Э_{плвк}$ – энергозатраты на поворот в ведущих колес, Вт·с;

$Э_{плк}$ – энергозатраты на поворот корпуса кормораздатчика, Вт·с.

Энергозатраты на поворот диска ведущих колес (рисунки 2а, 2в):

$$Э_{плвк} = P_{вк} \cdot V_{рвк} \cdot t_{вк} = 2P_{f_{вк}} \cdot V_{рвк} \cdot t_{вк}, \quad (20)$$

где $P_{твк}$ – сила тяги на ведущем колесе, Н;

$P_{fвк}$ – сила сопротивления перекатыванию ведущих колес при повороте горизонтального диска, Н;

$V_{рвк}$ – скорость перемещения ведущего колеса, м/с;

$t_{вк}$ – время поворота диска, с.

Сила сопротивления перекатыванию ведущих колес при повороте горизонтального диска для кормораздатчика, стоящего на горизонтальном участке определится:

$$P_{f_{вк}} = G_2 \cdot f = \frac{2 \cdot G \cdot l_1 \cdot f \cdot L_{пвк}}{L}, \quad (21)$$

где G_2 – вес от массы кормораздатчика, приходящаяся на ведущую ось, Н;

G – вес кормораздатчика, Н;

l_1 – расстояние от центра тяжести кормораздатчика до центра ведущей оси, м;

L – расстояние между осями кормораздатчика, м;

$L_{пвк}$ – путь, пройденный ведущими колесами кормораздатчика при повороте горизонтального круга, м.

Для разворота кормораздатчика диск под действием ведущего колеса поворачивается на 90°. При этом колесо проходит путь (рисунок 2):

$$L_{пвк} = \frac{\pi \cdot B_к}{4}, \quad (22)$$

где $B_к$ – ширина ходовой части, м;

$L_{пвк}$ – путь, проходимый ведущим колесом при повороте диска, м.

Подставим выражения 21 и 22 в 20 и получим:

$$Э_{плвк} = \frac{2 \cdot G \cdot l_1 \cdot f \cdot L_{пвк}}{L}. \quad (23)$$

Энергозатраты на поворот рамы кормораздатчика будут складываться из затрат энергии на перекатывание колес ведущего моста одного колеса на ведомом мосту и момента сопротивления трения заторможенного колеса (рисунок 1б). Энергозатраты на поворот рамы определятся:

$$Э_{плк} = P_{fвв1} V_{рвк1} t_{пов} + P_{fвв2} V_{рвк2} t_{пов} + P_{fвв3} V_{рвк3} t_{пов} + M_{трв} \omega_{рк} t_{пов}, \quad (24)$$

где $V_{рвк1}$, $V_{рвк2}$, $V_{рвк3}$ – скорость перекатывания колес при повороте ведущего внешнего, ведомого внутреннего, ведомого управляемого соответственно, м/с;

$M_{трв}$ – момент сопротивления трения колеса при повороте рамы кормораздатчика, Н·м;

$P_{fвв1}$, $P_{fвв2}$, $P_{fвв3}$ – сила сопротивления перекатыванию внешнего ведущего, внутреннего ведомого и управляемого колес соответственно, Н;

$\omega_{рк}$ – угловая скорость поворота рамы кормораздатчика, $с^{-1}$;

$t_{пов}$ – время поворота рамы кормораздатчика, с.

Сила сопротивления перекатыванию ведущего и внутреннего ведомого колеса составит:

$$P_{fвв1} = P_{fвв2} = \frac{G \cdot l_1 \cdot f}{2L}. \quad (25)$$

Сила сопротивления перекатыванию управляемого колеса:

$$P_{fвв3} = \frac{G \cdot l_2 \cdot f}{2L}. \quad (26)$$

Скорость перекатывания ведомого внутреннего колеса определится (рисунок 2б):

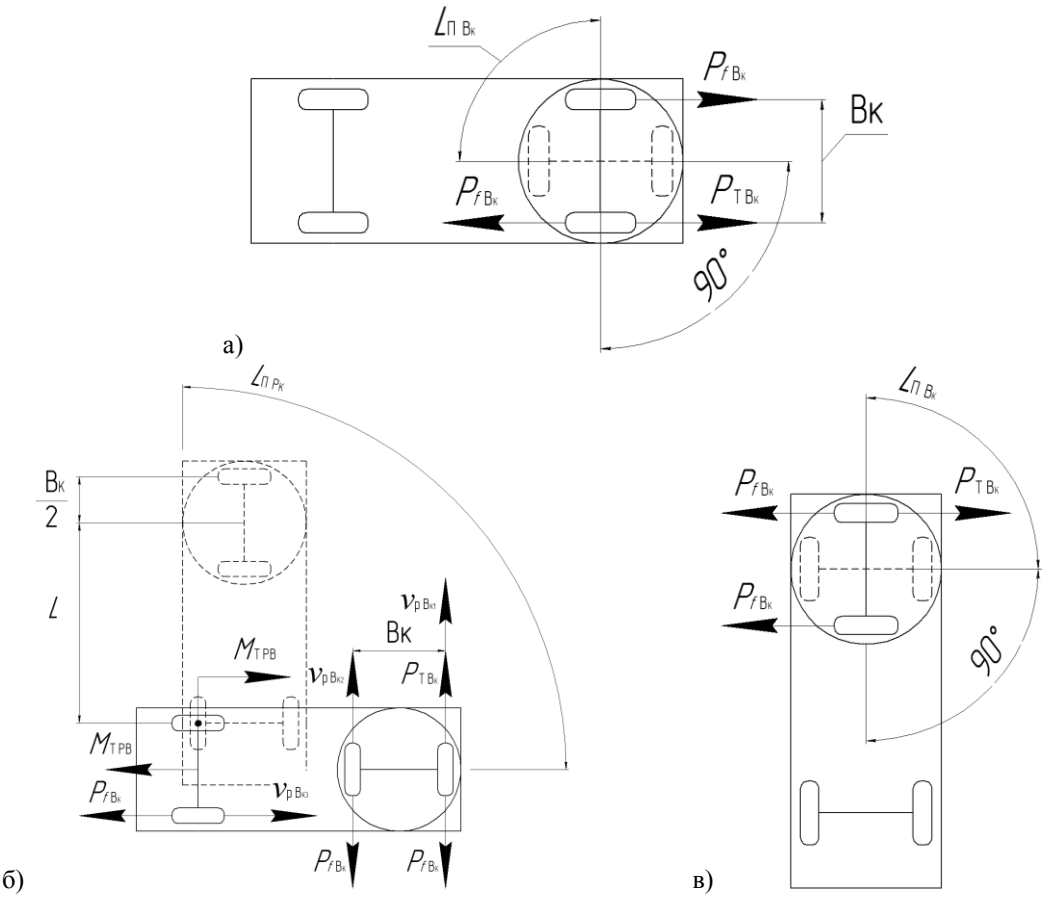
$$V_{рвк2} = V_{рвк1} \frac{(2L - B_к)}{(2L + B_к)}. \quad (27)$$

Скорость перекатывания ведомого управляемого колеса определится:

$$V_{рвк3} = V_{рвк1} \frac{2B_к}{(2L + B_к)}. \quad (28)$$

Момент сопротивления трения колеса при повороте рамы кормораздатчика определится:

$$M_{трв} = \frac{G l_2 f_{сц}}{2L} \cdot \frac{B_ш}{2}. \quad (29)$$



а) схема поворота диска под действием ведущего колеса
б) схема поворота кормораздатчика под действием одного ведущего колеса
в) схема поворота диска под действием ведущего колеса для ориентации вдоль линии кормления

Рисунок 2 – Схема разворота кормораздатчика на месте

Угловая скорость поворота рамы определится:

$$\omega_{рк} = \frac{2V_{рвк1}}{(2L + B_к)}. \quad (30)$$

При повороте рамы кормораздатчика ведущее колесо проходит путь, равный $L_{прк}$:

$$L_{прк} = \frac{2\pi\left(L + \frac{B_к}{2}\right)}{4} = \frac{\pi(L + B_к)}{4}. \quad (31)$$

Время поворота составит:

$$t_{пов} = \frac{L_{прк}}{V_{рвк1}} = \frac{\pi(2L + B_к)}{4V_{рвк1}}. \quad (32)$$

После преобразования получим:

$$Э_{плк} = \frac{\pi G(2L + B_к)}{8L}\left[l_1 f + \frac{1}{2L + B_к}\left(l_1 f(2L - B_к) + 2fl_2 B_к + 2l_2 f_{сц} B_к\right)\right]. \quad (33)$$

Результаты лабораторных исследований энергоэффективности электромобильных кормораздатчиков при выдаче корма в индивидуальные и групповые кормушки представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты лабораторных исследований энергоэффективности электромобильных кормораздатчиков при выдаче в индивидуальные кормушки

Показатель	Норма выдачи, кг		Удельные затраты энергии, Вт с/кг	
	При минимальной дозе	При максимальной дозе	При минимальной дозе	При максимальной дозе
Кормораздатчик на рельсовой тележке со шнековыми дозаторами с активным каналом обратного хода при выдаче в индивидуальные кормушки				
Сухая рассыпная кормосмесь (W=12,1%)	1,21	9,60	0,099	0,116
Кормораздатчик на рельсовой тележке со шнековыми дозаторами с активным каналом обратного хода при выдаче в групповые кормушки				
Сухая рассыпная кормосмесь (W=12,1%)	0,19	0,97	0,088	0,042
Кормораздатчик на рельсовой тележке с барабанными дозаторами с подвижными лопатками в ячейках при выдаче в индивидуальные кормушки				
Влажная мешанка (W=66,0%)	1,70	3,90	0,165	0,136
Сухая рассыпная кормосмесь (W=12,1%)	1,05	2,10	0,105	0,135
Кормораздатчик на рельсовой тележке с барабанными дозаторами с подвижными лопатками в ячейках при выдаче в групповые кормушки				
Влажная мешанка (W=66,0%)	6,20	2,50	0,164	0,101
Сухая рассыпная кормосмесь (W=12,1%)	3,40	1,50	0,134	0,079
Кормораздатчик на пневматических колесах со шнековыми дозаторами с управляемой захватывающей способностью в зоне загрузочного окна при выдаче в групповые кормушки				
Влажная мешанка (W=66,0%)	3,59	2,51	0,115	0,101
Сухая рассыпная кормосмесь (W=12,1%)	1,96	1,52	0,093	0,116

Результаты и их обсуждение Анализ результатов показывает, что кормораздатчики могут выдавать сухие рассыпные кормосмеси и влажные мешанки в групповые и индивидуальные кормушки. Пределы регулирования подачи обеспечивают необходимую норму выдачи свиньям в соответствии с зоотехническими требованиями. Выдача корма дозирующими органами кормораздатчика регулируется в следующих пределах [1 – 4, 6 – 9]:

- подача кормораздатчика на рельсовой тележке со шнековыми дозаторами с активным каналом обратного хода от 0,19 до 0,97 кг/с;
- подача кормораздатчика на рельсовой тележке барабанными дозаторами с подвижными лопатками в ячейках от 1,50 до 6,20 кг/с;
- подача кормораздатчика на пневматических колесах со шнековыми дозаторами с управляемой захватывающей способностью в зоне загрузочного окна от 1,52 до 3,59 кг/с;
- норма выдачи кормораздатчиком на рельсовой тележке с барабанными дозаторами с подвижными лопатками в ячейках от 1,05 до 6,20 кг;
- энергозатраты кормораздатчика на рельсовой тележке со шнековыми дозаторами с активным каналом обратного хода при выдаче в индивидуальные кормушки от 0,099 до 0,116 Вт с/кг;
- энергозатраты кормораздатчика со шнековыми дозаторами с активным каналом обратного хода при выдаче в групповые кормушки от 0,042 до 0,088 Вт с/кг;
- энергозатраты кормораздатчика на рельсовой тележке с барабанными дозаторами с подвижными лопатками в ячейках при выдаче в индивидуальные кормушки от 0,105 до 0,165 Вт с/кг;

- энергозатраты кормораздатчика на рельсовой тележке с барабанными дозаторами с подвижными лопатками в ячейках при выдаче в групповые кормушки от 0,079 до 0,164 Вт с/кг;

- энергозатраты кормораздатчика на пневматических колесах со шнековыми дозаторами с управляемой захватывающей способностью в зоне загрузочного окна при выдаче в групповые кормушки от 0,093 до 0,116 Вт с/кг.

Заключение. Неравномерность выдачи корма кормораздатчиками, оснащенные модернизированными рабочими органами находилась в пределах зоотехнических требований и не превышала 5 %.

Показатели качества модернизированных кормораздатчиков объясняется исключением сводообразования в зоне загрузочного окна (шнековые дозаторы с управляемой захватывающей способностью в зоне загрузки и с активным каналом обратного хода), формированием дозы корма в ячейке с эффектом всасывания и очисткой ячеек при выгрузке (барабанные дозаторы с подвижными лопатками в ячейках).

Сравнительная оценка использования кормораздатчиков по показателю энергоэффективности (таблица 1) показывает, что более низкие затраты имеют кормораздатчики при выдаче в групповые кормушки, чем при выдаче в индивидуальные в среднем в 1,65 раза.

Список литературы

1. Ведищев С.М., Щедрин В.Т., Козлов А.В. Кормораздатчик для свиней // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1999. – №7. – С. 11 – 12.

2. Ведищев С.М., Щедрин В.Т., Козлов А.В. Кормораздатчик для свиней со шнековыми дозаторами // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2001. – Т.1. – №4. – С. 49 – 50.

3. Ведищев С.М., Прохоров А.В. Кормораздатчик с изменяющейся захватывающей способностью выгрузного шнека // Техника в сельском хозяйстве. – 2007. – №4. – С. 36 – 37.

4. Ведищев С.М. Обоснование конструктивно-технологической схемы кормораздатчика для свиней // I Научная конференция ТГТУ. Тез. докл. / Тамбов: Тамбовский гос. техн ун-т, 1994. – С. 116 – 117.

5. Ведищев С.М., Завражнов А.И., Капустин В.П., Прохоров А.В. Методика оценки эффективности технологических линий приготовления и раздачи кормов // Наука в центральной России. – 2018. – № 6 (36). – С. 35 – 42.

6. Ведищев, С.М. Механизация приготовления кормов [Электронный ресурс]: учебное пособие для бакалавров и магистров направления "Агроинженерия": в двух частях. Часть 1, Часть 2 / С.М. Ведищев, В.П. Капустин, Ю.Е. Глазков, А.В. Милованов, А.В. Прохоров, Н.В. Хольшев. – Тамбов: ФГБОУ ВПО "ТГТУ", 2015. – 2 электрон. опт. диска (CD-ROM). – 109,1 Мб.

7. Ведищев С.М., Балахонова Д.Н., Сорокин В.В., Гарина М.А., Козлов А.В. Шнековый дозатор с каналом обратного хода // Наука в центральной России. – 5(17). – 2015. – С. 29 – 33.

8. Щедрин В.Т., Ведищев С.М. Кормораздатчик // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1995. – № 5,6. – С. 15 – 17.

9. Щедрин В.Т., Ведищев С.М. Кормораздатчик для свиней // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1993. – № 3. – С. 6 – 7.

References

1. Vedishhev S.M., Shhedrin V.T., Kozlov A.V. Kormorazdatchik dlya svinej // Mexanizaciya i e'lektrifikaciya sel'skogo xozyajstva. – 1999. – №7. – S. 11 – 12.

2. Vedishhev S.M., Shhedrin V.T., Kozlov A.V. Kormorazdatchik dlya svinej so shnekovymi dozatorami // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2001. – T.1. – №4. – S. 49 – 50.

3. Vedishhev S.M., Proxorov A.V. Kormorazdatchik s izmenyayushhejsya zaxvatyvayushhej sposobnost'yu vygruznogo shneka // Texnika v sel'skom xozyajstve. – 2007. – №4. – S. 36 – 37.

4. Vedishhev S.M. Obosnovanie konstruktivno-texnologicheskoj sxemy kormorazdatchika dlya svinej // I Nauchnaya konferenciya TGTU. Tez. dokl. / Tambov: Tambovskij gos. texn un-t, 1994. – S. 116 – 117.

5. Vedishhev S.M., Zavrazhnov A.I., Kapustin V.P., Proxorov A.V. Metodika ocenki e'ffektivnosti texnologicheskix linij prigotovleniya i razdachi kormov // Nauka v central'noj Rossii. – 2018. – № 6 (36). – S. 35 – 42.

6. Vedishhev, S.M. Mexanizaciya prigotovleniya kormov [E'lektronnyj resurs]: uchebnoe posobie dlya bakalavrov i magistrov napravleniya "Agroinzheneriya": v dvux chastyax. Chast' 1, Chast' 2 / S.M. Vedishhev, V.P. Kapustin, Yu.E. Glazkov, A.V. Milovanov, A.V. Proxorov, N.V. Xol'shev. – Tambov: FGBOU VPO "TGTU", 2015. – 2 e'lektron. opt. diska (CD-ROM). – 109,1 Mb.

7. Vedishhev S.M., Balaxonova D.N., Sorokin V.V., Garina M.A., Kozlov A.V. Shnekovyj dozator s kanalom obratnogo xoda // Nauka v central'noj Rossii. – 5(17). – 2015. – S. 29 – 33.

8. Shhedrin V.T., Vedishhev S.M. Kormorazdatchik // Mexanizaciya i e'lektrifikaciya sel'skogo xozyajstva. – 1995. – № 5,6. – S. 15 – 17.

9. Shhedrin V.T., Vedishhev S.M. Kormorazdatchik dlya svinej // Mexanizaciya i e'lektrifikaciya sel'skogo xozyajstva. – 1993. – № 3. – S. 6 – 7.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Ведищев Сергей Михайлович – доктор технических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет», Россия, г. Тамбов, e-mail: serg666_65@mail.ru.

Завражнов Анатолий Иванович – академик РАН, доктор технических наук, профессор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Мичуринский государственный аграрный университет», Россия, г. Мичуринск, e-mail: aiz@mgau.ru.

Прохоров Алексей Владимирович – кандидат технических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет», Россия, г. Тамбов, e-mail: pav1981@bk.ru.

Бралиев Майдан Кабатаевич – кандидат технических наук, доцент ВАК Западно-Казахстанского аграрно-технического университета имени Жангир хана, Казахстан, г. Уральск, e-mail: aisheva.laura@mail.ru.

Author credentials

Affiliations

Vedischev Sergey – Full Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education “Tambov State Technical University”, Russia, Tambov, e-mail: serg666_65@mail.ru.

Zavrazhnov Anatoly – Academician of the Russian Academy of Sciences, Full Doctor of Technical Sciences, Professor of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education “Michurinsk state agrarian University”, Russia, Michurinsk, e-mail: aiz@mgau.ru.

Prokhorov Alexei – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education “Tambov State Technical University”, Russia, Tambov, e-mail: pav1981@bk.ru.

Braliev Maidan – Candidate of Technical Sciences, associate professor of the Higher Attestation Commission of the non profit JSC “Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian Technical University”, Uralsk, e-mail: aisheva.laura@mail.ru

Поступила в редакцию (Received): 17.01.2020 Принята к публикации (Accepted): 19.02.2020

УДК 631.303
DOI: 10.35887/2305-2538-2020-1-21-27

ОСОБЕННОСТИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ ИНТЕГРИРОВАНИЯ МНЕНИЯ

[1]Тишанинов Николай Петрович

[1]ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»

Реферат. *Дана оценка существующих методов интегрирования мнения специалистов и субъектов производственных, социальных и рыночных отношений. Приведена систематизация*