

УДК 620.98: 620.953

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2022-364-11-117-121

Ю.М. Дулепова¹, ✉
Д.Е. Дулепов¹,
А.А. Александрова¹,
Г.Н. Самарин²,
С.Н. Мардарьев³

¹ Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, Княгинино, Российская Федерация

² Федеральное государственное научное учреждение Федеральный Научный Агроинженерный Центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

³ Чувашский государственный аграрный университет, Чебоксары, Российская Федерация

✉ makjul92@mail.ru

Поступила в редакцию:
30.07.2022

Одобрена после рецензирования:
29.09.2022

Принята к публикации:
26.10.2022

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2022-364-11-117-121

Yuliya M. Dulepova¹, ✉
Dmitry E. Dulepov¹,
Alina A. Aleksandrova¹,
Gennady N. Samarin²,
Sergei N. Mardaryev³

¹ Nizhny Novgorod State Engineering and Economic University, Knayginino, Russian Federation

² Federal Scientific Agroengineer Center VIM, Moscow, Russian Federation

³ Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, Russian Federation

✉ makjul92@mail.ru

Received by the editorial office:
30.07.2022

Accepted in revised:
29.09.2022

Accepted for publication:
26.10.2022

Новый методический подход к расчетам конструкции энергосберегающего устройства для нагрева воды, предназначенной для поения животных

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Разработка и использование новых средств и технологий, направленных на энергосбережение в сельском хозяйстве, была и остаётся актуальной задачей. Большую популярность приобрело использование нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. Перспективную роль в этом направлении приобретает использование теплоты, которую выделяет крупный рогатый скот.

Методы. Предполагается, что за счет свободной теплоты, которая направлена на утилизацию из животноводческого помещения, будет происходить нагрев, для чего разработано новое устройство для нагрева воды. По результатам проведенных расчетов и наблюдений было решено, что устройство, с помощью которого предполагается нагревать воду, будет размещено в месте, где температура воздуха в животноводческом помещении достигает максимальных значений. В связи с этим возникает ряд вопросов, которые требуется решить. Один из них является важной частью проектирования нового устройства для нагрева — это расчет его конструктивных параметров.

Результаты. Нужно учесть множество факторов, которые влияют на тепловыделение коров, их питьевой режим, возможность влияния установки теплообменника на вентиляцию в помещении, его нагревательную способность. Расчёт этих пунктов даст возможность оценить в реальных условиях применение устройства для нагрева воды, работающего за счет выделения теплоты у крупного рогатого скота. Его применение позволит снизить потребление электрической энергии, которую используют на нагрев воды, предназначенной для коров.

Ключевые слова: теплота, крупный рогатый скот, устройство для нагрева воды, теплообменник, вода

Для цитирования: Дулепова Ю.М., Дулепов Д.Е., Александрова А.А., Самарин Г.Н., Мардарьев С.Н. Новый методический подход к расчетам конструкции энергосберегающего устройства для нагрева воды, предназначенной для поения животных. Аграрная наука. 2022; 364 (11): 117–121. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-364-11-117-121>

© Дулепова Ю.М., Дулепов Д.Е., Александрова А.А., Самарин Г.Н., Мардарьев С.Н.

New methodological approach to calculations for design of energy-saving device for heating water intended for livestock watering

ABSTRACT

Relevance. The development and use of new tools and technologies aimed at energy saving in agriculture has been and remains an urgent task. The use of non-traditional and renewable energy sources has become very popular. An advanced role in this direction is acquired by the use of heat released by cattle.

Methods. It is assumed that due to the free heat, which is directed to the disposal of the livestock premises, heating will occur, for which a new device for heating water has been developed. Based on the results of calculations and observations, it was decided that the device for water heating will be placed in the place where the air temperature in the livestock premises reaches maximum values. There are a number of issues that need to be solved. One of them is an important part of the design of a new heating device — this is the calculation of its constructive parameters.

Results. It is necessary to take into account many factors that affect the heat generation of cows, their drinking conditions, possibility of the installation of the heat exchanger to affect the ventilation in premises, its heating capacity. The calculation of these parameters will make it possible to evaluate in real conditions of use of water heating device, working due to the release of heat from cattle. Its use will reduce the consumption of electric energy, which is used to heat water intended for cows.

Key words: heat, cattle, water heating device, heat exchanger, water

For citation: Dulepova Y.M., Dulepov D.E., Aleksandrova A.A., Samarin G.N., Mardaryev S.N. Methodical approach to calculations for design of energy-saving device for heating water intended for livestock watering. Agrarian science. 2022; 364 (11): 117–121. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-364-11-117-121> (In Russian).

© Dulepova Y.M., Dulepov D.E., Aleksandrova A.A., Samarin G.N., Mardaryev S.N.

Введение / Introduction

Повышение энергосбережения в сельском хозяйстве является важной задачей, стоящей перед людьми. Много работ посвящено этой теме, в частности использованию нетрадиционных и возобновляемых источников энергии [1–4]. Разработка и исследование новых энергосберегающих устройств в сельском хозяйстве является значимой, актуальной проблемой, в качестве одного из решений для которой рассматривается преобразование тепловой энергии, производимой крупным рогатым скотом, что является перспективным направлением для изучения. Данный вид энергии допустимо применять в качестве дополнительного источника нагрева, тем самым сокращая потребление и расходы на электрическую энергию. Рекуперация теплоты животных — достаточно узкое направление для изучения, но оно было исследовано в трудах многих ученых [5–7].

Целью настоящей работы является изучение математического подхода к расчету параметров устройства для нагрева воды, которое работает за счет теплоты, производимой крупным рогатым скотом.

Материал и методы исследования / Materials and method

В основу исследовательской работы легли данные РД-АПК 1.10.01.01-18 «Методические рекомендации по технологическому проектированию ферм и комплексов крупного рогатого скота», а именно существующие нормы тепловыделения крупным рогатым скотом, которые состоят из общей теплоты и свободной теплоты.

При помощи расчетов, выполненных ранее в программе Microsoft Excel с помощью подпрограммы «Тепловой баланс помещений КРС и свинарников», разработанной Тихомировым Д.А., и проведенных наблюдений было выявлено, что количество теплоты, производимой крупным рогатым скотом, зависит от многих факторов [8, 9]: от количества поголовья, от температуры наружного воздуха, от температуры воды, которая идет на поение животных.

Использовать рассматриваемый вид энергии можно для нагрева воды. Известно, что наилучшая производительность крупного рогатого скота достигается в том случае, если животные обеспечены водой оптимальной температуры [10–12] и хорошо подготовленным кормом.

В качестве устройства, которое бы принимало теплоту животных и вместе с тем нагревало воду, предлагается использовать теплообменник [13, 14]. Он состоит из трубы, которая имеет оребрение. Предполагается, что устройство для нагрева воды разместится в верхней части животноводческого помещения рядом с естественной вентиляцией, так как проведенными наблюдениями было установлено, что в этом месте наблюдается наивысшая температура утилизируемых воздушных масс [15, 16].

При расчете конструкции энергосберегающего устройства для нагрева воды было учтено, что численность стада крупного рогатого скота может изменяться. Для каждого числа поголовья требуется определенное количество воды и, соответственно, требуется разная

электрическая мощность для её нагрева; для определения мощности необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$P = V \cdot K \cdot \Delta T, \quad (1)$$

где V — расход нагреваемой воды, м³/ч; K — количество энергии, необходимое для нагрева 1 м³ воды на 1 °С; ΔT — разница между температурой воды в начале нагрева и температурой воды, которую необходимо получить.

Поиску оптимальной температуры для поения крупного рогатого скота посвящено достаточно много исследований. Можно выделить работы И.Н. Нурминского, В.А. Радько и т.д. Проведя анализ материалов упомянутых авторов, мы выявили, что наилучшая температура для поения КРС располагается в пределах от 8 до 12 °С. При проведении расчёта по определению электрической мощности было взято среднее значение температуры, до которой необходимо нагреть воду — 10 °С. Вода, поступающая через водопровод из скважины, имеет температуру 4 °С. Мощность, необходимая для нагрева воды для разного количества поголовья КРС, рассчитанная по формуле (1), представлена в табл. 1.

Методика дальнейших расчетов сводится к определению габаритных размеров теплообменника. Согласно ей, в первую очередь необходимо выполнить расчет теплового баланса животноводческого помещения с помощью программы «Тепловой баланс помещений КРС и свинарников» [17–19].

На следующем этапе выполняются непосредственные расчеты самого устройства: длины трубы, ширины оребрения. Эти параметры зависят от количества и типа поголовья КРС.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

О том хватит, ли удаляемой теплоты из животноводческого помещения, чтобы нагревать воду через энергосберегающее устройство, судили по расчетам теплового баланса животноводческого помещения (табл. 2). ΣQ отражает количество потенциально утилизируемой теплоты.

При рассматриваемых условиях расход приточного воздуха составит $V_{\text{прит.возд}} = 46380$ м³/ч, объём воздуха в животноводческом помещении получился 11088 м³/ч. Тогда общий объём воздуха V_0 , проходящий через жи-

Таблица 1. Результаты расчетов требуемой мощности на нагрев воды для крупного рогатого скота

Table 1. Results of calculation of required power for water heating for cattle

Численность поголовья, голов	Расход воды, л/ч	Мощность, кВт
100	350	2,457
200	900	6,318
400	1800	12,636

Таблица 2. Расчёт теплового баланса животноводческого помещения на 400 голов КРС при температуре окружающего воздуха 4 °С

Table 2. Calculation of thermal balance of livestock premises per 400 heads at ambient air temperature 4 °C

T, °C	Q, кВт·ч				
	Q _{жив.}	Q _{вен.}	Q _{исп.}	Q _{огр.}	Σ Q
4	231,3	92,8	10,4	40	88,1

вотноводческое помещение в течение часа, определяется по выражению:

$$V_0 = V_{\text{помещ}} + V_{\text{прит.возд}} = 11088 + 46380 = 57468 \text{ м}^3/\text{ч},$$

где $V_{\text{помещ}}$ — объём воздуха в помещении, $\text{м}^3/\text{ч}$; $V_{\text{прит.возд}}$ — расход приточного воздуха в помещении, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Расчёт температуры воздуха в месте установки теплообменника показал, что свободный тепловой поток $\Sigma Q = 88,1$ кВт способен дополнительно нагреть общий объём воздуха V_0 .

При определении оптимальных габаритных размеров теплообменного устройства рассчитывается тепловой поток через цилиндрическую стенку по формуле:

$$Q = k_l \cdot \pi \cdot (T_{f2} - T_{f1}) \cdot l, \quad (2)$$

где k_l — линейный коэффициент теплопередачи через цилиндрическую стенку, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; l — длина цилиндрической стенки, м.

В этом случае линейный коэффициент теплопередачи через цилиндрическую стенку рассчитывают по формуле:

$$k_l = \frac{1}{R_{f1} + R_{f2} + R_{f3}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}}, \quad (3)$$

где $R_{f1} = \frac{1}{(\alpha_1 d_1)}$ — линейное термическое сопротивление теплоотдачи от стенки к холодному теплоносителю, $(\text{м} \cdot \text{К})/\text{Вт}$;

$R_{f2} = \frac{1}{(2\lambda)} \ln \left(\frac{d_2}{d_1} \right)$ — линейное термическое сопротивление теплопроводности цилиндрической стенки, $(\text{м} \cdot \text{К})/\text{Вт}$; $R_{f3} = 1/(\alpha_2 d_2)$ — линейное термическое сопротивление теплоотдачи от горячего флюида к цилиндрической стенке, $(\text{м} \cdot \text{К})/\text{Вт}$; d_1 и d_2 — внутренний и наружный диаметры цилиндрической стенки, м.

Проведем расчет для трубы водогазопроводной Ду 50. Она имеет следующие параметры: $d_1 = 0,053$ м; $d_2 = 0,06$ м.

В рассматриваемом случае горячий флюид — воздух; α_2 — коэффициент теплоотдачи воздуха, для неподвижного воздуха $\alpha_2 = 9,4$ $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$; холодный теплоноситель — вода, α_1 — коэффициент теплоотдачи металлической стенки воде, $\alpha_1 = 450$ $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$; λ — коэффициент теплопроводности стали, $\lambda = 50$ $\text{Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$.

Тогда линейный коэффициент теплопередачи через цилиндрическую стенку:

$$k_l = \frac{1}{\frac{1}{450 \cdot 0,053} + \frac{1}{2 \cdot 50} \ln \frac{0,06}{0,053} + \frac{1}{9,4 \cdot 0,06}} = \frac{1}{0,041 + 0,001 + 1,773} = 0,55 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}).$$

Тепловой поток через цилиндрическую стенку составит:

$$Q = 0,55 \cdot 3,14 \cdot (20 - 10) \cdot 1 = 17,3 \text{ Вт}.$$

Таким образом, мы получили мощность теплового потока, то есть количество тепла, которое получит вода на 1 м трубы. Из табл. 1 видно, что для стада в 400 голов КРС необходимо передать воде 12,636 кВт. Тогда длина гладкого теплообменника должна составлять:

$$L = \frac{12636}{17,3} = 730 \text{ м}.$$

Для увеличения эффективности теплообменного устройства добавляем оребрение с внешней стороны.

В таком случае в формулу для определения линейного коэффициента теплопередачи k_l добавляется φ_{op} — коэффициент оребрения:

$$\varphi_{op} = \frac{F_{op}}{F},$$

где F_{op} — площадь внешней трубы вместе с площадью оребрения; F — площадь внешней трубы без оребрения.

Тогда коэффициент оребрения:

$$\varphi_{op} = \frac{F_{op}}{F} = \frac{\pi d_2 l + 4 l h_{ребра}}{\pi d_2 l} = \frac{\pi d_2 + 4 h_{ребра}}{\pi d_2}. \quad (4)$$

Линейный коэффициент теплопередачи через цилиндрическую стенку с учётом коэффициента оребрения определяется по формуле [17, 18]:

$$k_l = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\varphi_{op} \alpha_2 d_2}}, \quad (5)$$

$$k_{l1} = \frac{1}{\frac{1}{450 \cdot 0,053} + \frac{1}{2 \cdot 50} \ln \frac{0,06}{0,053} + \frac{1}{2,05 \cdot 9,4 \cdot 0,06}} = 1,13 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}).$$

Тепловой поток через цилиндрическую оребренную стенку составит:

$$Q = 1,13 \cdot 3,14 \cdot (14,5 - 4) \cdot 1 = 37,25 \text{ Вт}/\text{м}.$$

Определив мощность теплового потока, то есть количество тепла, которое получит вода на 1 м трубы, и учтя, что воде необходимо передать через стенку трубы 12,636 кВт, можно рассчитать длину оребренного теплообменника (табл. 3). В этой же таблице приведены аналогичные расчеты для гладкой теплообменной трубы устройства для нагрева воды, которые проводилось аналогично, только без учета коэффициента оребрения.

Таблица 3. Результаты расчетов длины теплообменника

Table 3. Result of calculations of heat exchanger length

Параметры	Поголовье, голов		
	400	200	100
Длина оребренного теплообменника, м	340	170	66
Длина гладкого теплообменника, м	722	361	140,4

Из результатов расчетов видно, что оребрение увеличит эффективность теплообмена в 2 раза.

Выводы / Conclusion

В статье исследован математический подход по расчету параметров энергосберегающего устройства для нагрева воды, с помощью которого планируется преобразовывать теплоту КРС. Проведено сравнение протяженности установки в зависимости от наличия или отсутствия оребрения. Установлена электрическая мощность для нагрева воды, предназначенной для поения стада в 400 голов КРС, — 12,636 кВт. Предложен подход, с помощью которого предполагается использовать теплоту, производимую крупным рогатым скотом, в качестве источника для нагрева воды.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.
Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу.
Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work.
The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism.
The authors declare no conflict of interest.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Велькин В. И. Методология расчета комплексных систем ВИЭ для использования на автономных объектах: монография. Екатеринбург: УрФУ. 2015. 226 с.
2. Коломиец Ю. Г. Исследование эффективности преобразования энергии солнечного излучения в низкопотенциальное тепло в различных климатических условиях: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва: Объединенный институт высоких температур РАН. 2009. 174 с.
3. Маслова А. А., Жузин М. С. Математическое моделирование работы устройства для нагрева воды за счёт солнечной энергии. Оренбург: *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*, 2019; 2 (76): 145–148
4. Тихомиров Д. А., Трунов С. С., Ершова И. Г., Уханова В. Ю., Поручиков Д. В. Установка на возобновляемых источниках энергии для поддержания параметров микроклимата сельскохозяйственных объектов. *Вестник НГИЭИ*. 2019; 8 (99): 55–65
5. Игнаткин И. Ю. Оптимизация эффективности утилизации теплоты воздушно-воздушного рекуператора. *Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский Государственный Агроинженерный Университет имени В.П. Горячкина»*. 2018; 1 (83): 34–39
6. Шацкий В. П., Гулевский В. А., Спирина Н. Г. Применение теплообменников (рекуператоров) для нормализации микроклимата животноводческих помещений. *Известия высших учебных заведений. Строительство*. 2013; 9 (657): 64–68
7. Макарова Ю. М., Маслова А. А., Осокин В. Л. Оптимизация потребления электрической энергии сельскохозяйственными предприятиями путем внедрения новых устройств водоподготовки. Устойчивое развитие АПК регионов: ситуация и перспективы. В 2 т. *Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции 2-4 июня 2015*; 172–174
8. Мохов Б. П. Использование обменной энергии в формировании теплового состояния организма крупного рогатого скота. *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2021; 2(54): 234–242.
9. Свистунов В. М., Пушняков Н. К. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха объектов агропромышленного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства. *Политехника*; 2007: 423 с.
10. Нурминский И. Н. Применение подогрева и циркуляции воды в установках для поения скота посредством автопоилок: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Улан-уде, 1975.
11. Радко В. А., Крашенникова Т. И. Влияние температуры (питьевой) воды на продуктивность животных. *Науч.-техн. бюл. по электрификации сел. хоз-ва*. 1979; 3: 19–22.
12. Симонов Г. А. Поение коров тёплой водой в зимний период повышает молочную продуктивность. *Эффективное животноводство*. 2015; 10 (119): 52–53
13. Дулепова Ю. М. Обоснование возможности применения нового энергосберегающего устройства для нагрева воды. *Вестник НГИЭИ*. 2017; 6(73): 61–68
14. Орищенко И. В. Обоснование параметров и режимов работы групповой автопоилки для крупного рогатого скота. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. *Зерноград*: 2012. 170 с.
15. Музыка А. А., Шейграцова Л. Н., Курак А. С. Оценка температурно-влажностного режима животноводческих помещений различных типовых решений в зимний период. *Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства*. 2020; 23-2: 162–169.
16. Путан А. А. Установка утилизации тепла с возможностью работы при низких температурах. *Вестник НГИЭИ*. 2021; 2(117): 27–40
17. Трунов С. С., Тихомиров Д. А., Баклачев Р. А., Добровольский Ю. Н. Влияние воздушных тепловых завес на энергетический баланс животноводческого помещения. *Инновации в сельском хозяйстве*. 2020; 1(34): 70–79
18. Samarin G.N. Optimization of microclimate parameters inside livestock build-ings. *Advances in intelligent systems and computing*. 2019; 866: 337–345.
19. Агаханова К. М. Расчет аэрации сельскохозяйственного здания молочного производства в холодный период года. *Аграрный научный журнал*. 2020; 1: 47–49.

REFERENCES

1. Velkin V. I. Methodology for calculating complex RES systems for use at autonomous facilities: monograph. Yekaterinburg: *UrFU*. 2015. 226 p. (In Russian)
2. Kolomiets, Yu. G. Efficiency research of converting solar radiation energy into low-potential heat in various climatic conditions. Dissertation for the degree of candidate of technical sciences, Moscow: *Joint Institute of High Temperatures of the Russian Academy of Sciences*. 2009. 174 p. (In Russian)
3. Maslova A. A., Zhuzhin M. S. Mathematical modeling of operation of the device for water heating by solar energy. *Orenburg: Bulletin of Orenburg State Agrarian University*. 2019; 2(76): 145–148 (In Russian)
4. Tihomirov D. A., Trunov S. S., Ershova I. G., Ukhanova V. Y., Poruchikov D. V. Installation on renewable energy sources to support microclimate parameters of agricultural objects. *Bulletin NGIEI*. 2019; 8 (99): 55–65 (In Russian)
5. Ignatkin, I. Yu. Optimizing utilization efficiency of heat developed by air-to-air recuperator. *Bulletin of Federal State Educational Institution of Higher Professional Education «Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin»*. 2018; 1 (83): 34–39 (In Russian)
6. Shatsky, V.P. Shatsky V.P., Gulevsky V.A., Spirina N.G. Application of heat exchangers (recuperators) for the normalization of cattle shed microclimate. *News of higher educational institutions*. 2013; 9 (657): 64–68 (In Russian)]
7. Makarova, Yu. M., Maslova A. A., Osokin V. L. Optimization of electric energy consumption by agricultural enterprises through the introduction of new water treatment devices. Sustainable development of agricultural and industrial complexes of the regions: situation and prospects. Tom 2: *Collection of scientific works on the materials of international scientific and practical conference June 2-4, 2015*. TVGSHA; 172–174 (In Russian)
8. Mokhov B.P. Usage of metabolism energy in formation of body thermal state of the cattle. *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2021; 2(54): 234–242.
9. Svistunov V. M., Pushnyakov N. K. Heating, ventilation and air conditioning of objects of agricultural and industrial complex and housing and communal services. *Textbook for universities. Polytechnic*. 2007. 423 p. (In Russian)
10. Nurminsky, I.N. The use of water heating and circulation in installations for livestock drinking by means of automatic watering machines: dissertation for the degree of candidate of technical sciences. *Ulan-ude*, 1975 (In Russian)
11. Radko, V. A., Krashennikova T. I. Influence of temperature (drinking) water on animal productivity. *Scientific and technical bulletin by electrification of agriculture*. 1979; 3: 19–22 (In Russian)
12. Simonov G. A. Drinking cows with warm water in winter increases dairy productivity. *Effective animal husbandry*. 2015; 10 (119): 52–53 (In Russian)
13. Dulepova Yu. M. Justification of the possibility of application new the energy saving device for water heating. *Bulletin of NGIEI*. 2017; 6 (73): 61–68 (In Russian)
14. Orishchenko I.V. Justification of the parameters and modes of operation of group automatic watering machine for cattle. Dissertation for the degree of candidate of technical sciences. *Zernograd*: 2012. 170 p (In Russian)
15. Muzyka A. A., Sheygratsova L. N., Kurak A. S. Evaluation of the temperature and humidity regime of livestock buildings of various standard solutions in the winter period. *Actual problems of intensive development of animal husbandry*. 2020; 23-2: 162–169. (In Russian)
16. Putan A. A. Heat recuperator with the ability to work at low temperatures. *Bulletin of NGIEI*. 2021; 2(117): 27–40 (In Russian)
17. Trunov S. S., Tikhomirov D. A., Baklachev R. A., Dobrovolsky Yu. N. Influence of air heat curtains on the energy balance of livestock premises. *Innovations in agriculture*. 2020; 1(34): 70–79 (In Russian)
18. Samarin G.N. Optimization of microclimate parameters inside livestock build-ings. *Advances in intelligent systems and computing*. 2019; 866: 337–345.
19. Agakhanova K. M. Calculation of aeration of an agricultural building of dairy production in the cold season. *Agrarian scientific journal* 2020; 1: 47–49 (In Russian)

ОБ АВТОРАХ:

Юлия Михайловна Дулепова, старший преподаватель кафедры «Электрификация и автоматизация», Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, ул. Октябрьская 22 А, Княгинино, Нижегородская обл., 606340, Российская Федерация
E-mail: makjul92@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9428-9930>

Дмитрий Евгеньевич Дулепов, кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Электрификация и автоматизация», Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, ул. Октябрьская 22 А, Княгинино, Нижегородская обл., 606340, Российская Федерация
E-mail: dulepov.86@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1044-1865>

Алина Алексеевна Александрова, старший преподаватель кафедры «Электрификация и автоматизация», Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, ул. Октябрьская 22 А, Княгинино, Нижегородская обл., 606340, Российская Федерация
E-mail: alieksandrova_1990@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6982-7071>

Геннадий Николаевич Самарин, доктор технических наук, доцент, главный научный сотрудник, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, 1-й Институтский проезд, д 5, 109428, г. Москва, Российская Федерация
E-mail: samaringn@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4972-8647>

Сергей Николаевич Мардарьев, кандидат технических наук, заведующий кафедрой механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства, Чувашский государственный аграрный университет, ул. К. Маркса, 29, г. Чебоксары, 428003, Российская Федерация
E-mail: s-mard@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7863-7245>

ABOUT THE AUTHORS:

Yulia Mikhailovna Dulepova, the senior teacher of the chair «Electrification and Automation»
Nizhny Novgorod state engineering-economic university, Oktyabrskaya 22 A, Knyaginino, Nizhny Novgorod region, 606340, Russian Federation
E-mail: makjul92@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9428-9930>

Dmitrij Evgenievich Dulepov, Candidate of Technical Sciences
Head of the Department «Electrification and Automation» Nizhny Novgorod state engineering-economic university, Oktyabrskaya 22 A, Knyaginino, Nizhny Novgorod region, 606340, Russian Federation
E-mail: dulepov.86@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1044-1865>

Alina Alexeevna Alexandrova, the senior teacher of the chair «Electrification and Automation»
Nizhny Novgorod state engineering-economic university, Oktyabrskaya 22 A, Knyaginino, Nizhny Novgorod region, 606340, Russian Federation
E-mail: alieksandrova_1990@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6982-7071>

Gennady Nikolaevich Samarin, Doctor of technical sciences, associate professor, chief researcher
Federal Scientific Agroengineer Center VIM, 1st Institutskiy proezd, 5, 109428, Moscow, Russian Federation
E-mail: samaringn@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4972-8647>

Sergey Nikolaevich Mardaryev, Candidate of Technical Sciences
Head of the Department of Mechanization, Electrification and Automation of Agricultural Production
Chuvash State Agrarian University, st. K. Marx, 29, Cheboksary, 428003, Russian Federation
E-mail: s-mard@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7863-7245>