

УДК 636+62-97/-98

ИВАНОВ ЮРИЙ ГРИГОРЬЕВИЧ, докт. техн. наук, доцент¹

E-mail: iy.electro@mail.ru

БОРУЛЬКО ВЯЧЕСЛАВ ГРИГОРЬЕВИЧ, канд. техн. наук, доцент¹

E-mail: electro@rgau-msha.ru

ПОНИЗОВКИН ДМИТРИЙ АНДРЕЕВИЧ, старший преподаватель¹

E-mail: ponizovkin.d@gmail.com

ГАБДУЛЛИН ГАБДУЛЬБАРИЙ ГАБДУЛЬБАРОВИЧ, канд. техн. наук, доцент¹

E-mail: iy.electro@mail.ru

¹ Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация

УСТРОЙСТВО МЕСТНОЙ ПРИНУДИТЕЛЬНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ КОРОВНИКА ДЛЯ ТЕПЛОГО ВРЕМЕНИ ГОДА

Отражены результаты экспериментальных исследований устройства местной принудительной вентиляции коровника для теплого времени года. Рассмотрены способы применения местной принудительной вентиляции, приведены общий вид и схема экспериментальной установки. Подробно рассмотрен вопрос влияния скорости воздушного потока местной принудительной вентиляции на клинико-физиологические показатели животных, приведены графические зависимости. Установлено, что наибольшие показатели частоты дыхания и частоты сердечных сокращений у животных наблюдаются при температуре воздуха 35 градусов и относительной влажности 80 процентов. В результате исследований установлено, что изменяя скорость потока воздуха, действующего на коров, можно влиять на клинико-физиологические показатели животных, которые характеризуют тепловой стресс, т.е. при увеличении скорости воздуха осуществлять снижение частоты дыхания и сердечных сокращений у коров, причем при скорости 1,5 м/с показатели частоты дыхания и частоты сердечных сокращений приходят к норме быстрее, чем при скорости 1 м/с. В результате обобщения экспериментальных данных установлены зависимости влияния параметров местной принудительной вентиляции на клинико-физиологические показатели животных, а для практического расчета местной вентиляции предлагаются аналитические выражения, устанавливающие зависимость снижения частоты дыхания и частоты сердечных сокращений животного, испытывающего тепловой стресс, от скорости потока воздуха и продолжительности его воздействия. Сделан вывод об эффективности воздействия местной принудительной вентиляции на животных для обеспечения нормализации клинико-физиологических показателей и снижения теплового стресса.

Ключевые слова: система вентиляции, принудительная вентиляция, коровник, теплое время года, тепловой стресс.

В последнее время наметилась тенденция увеличения среднемесячной температуры воздуха, которая негативно сказывается на производстве молока в теплое время года. Анализ работы современных ферм, которые в основном строятся для беспривязно-боксового содержания животных и доения в залах, показал, что при повышении температуры воздуха в коровнике выше 25°C наблюдается снижение надоев молока на 1 л/корову в сутки на каждые 1...2 градуса. Высокая относительная влажность в помещении может приводить к угнетению обмена веществ и других процессов в организме животных. При этом естественной вентиляции

для поддержания комфортных условий животных может оказаться недостаточно [1].

Опыт изучения систем микроклимата более 20 современных ферм показал, что в 90% случаев отсутствует принудительная вентиляция, а в остальных случаях нет единого подхода к выбору технических средств, учитывающих клинико-физиологические показатели животных, и нерационально используется имеющееся вентиляционное оборудование. Зачастую для повышения производства молока необходимо модернизировать существующие системы обеспечения микроклимата [2]. В связи с этим проведение исследований по изуче-

нию влияния режимов вентиляции на клинико-физиологическое состояние животных и обоснование параметров устройства местной принудительной вентиляции коровника для теплого времени года является актуальной задачей.

Для снижения тепловых стрессов у коров в теплый период на современных фермах с беспривязно-боксовым содержанием животных применяются различные варианты местной принудительной вентиляции: например, потолочные вентиляторы, наклонные вентиляторы, в том числе обеспечивающие распыление воды. Представляют интерес наклонные вентиляторы, расположенные над зонами кормления и отдыха животных. Они размещаются в 1, 2, 3 или 4 ряда и устанавливаются соответственно над кормонавозным проходом, боксами для отдыха или над всеми зонами. Как показывает анализ, при выборе местной принудительной вентиляции не учитывается ее влияние на клинико-физиологические показатели животных. Это приводит к снижению производства молока, нерациональному выбору количества вентиляторов и их размещению [3–7].

Цель исследования – обосновать параметры устройства местной принудительной вентиляции для теплого времени года в коровнике с беспривязно-боксовым содержанием животных, которые смогут обеспечить повышение эффективности производства молока за счет снижения влияния теплового стресса и улучшения газового состава воздуха.

Материалы и методы. Для обоснования параметров устройства местной принудительной вентиляции была разработана и построена экспериментальная установка, которая включает в себя специальный изолированный бокс на 3 коровы, состоящий из деревянного каркаса, обтянутого прозрачной полиэтиленовой пленкой, теплогенератора, устройства принудительной вентиляции, устройства увлажнения воздуха, комплекса контрольно-измерительных приборов, обеспечивающих контроль температуры тела животного, частоты сердечных сокращений, частоты дыхания, температуры воздуха, относительной влажности воздуха, скорости воздушного потока, атмосферного давления (рис. 1, 2).

Эксперимент заключается в измерении частоты сердечных сокращений, частоты дыхания и ректальной температуры коров при температуре воздуха в диапазоне 15...35°C и различных значениях относительной влажности воздуха в диапазоне 50...80%. Измерения проводились с интервалом в 5 мин. при установившихся значениях температуры и относительной влажности воздуха. Скорость воздуха при воздействии принудительной вентиляции составляла 1 и 1,5 м/с.

Температура тела животного измерялась ректально медицинским термометром с ценой деления 0,1°C. Частота сердечных сокращений измерялась пальпацией артерии в хвосте коровы. Частота дыхания животного оценивалась визуально по двигательным движениям грудной клетки.

На основе проведенных экспериментов разработано устройство для вентиляции коровника (патент № 151656 РФ), которое прошло производственную проверку на молочной ферме совхоза имени Ленина в Московской области [8].

Климатическая камера

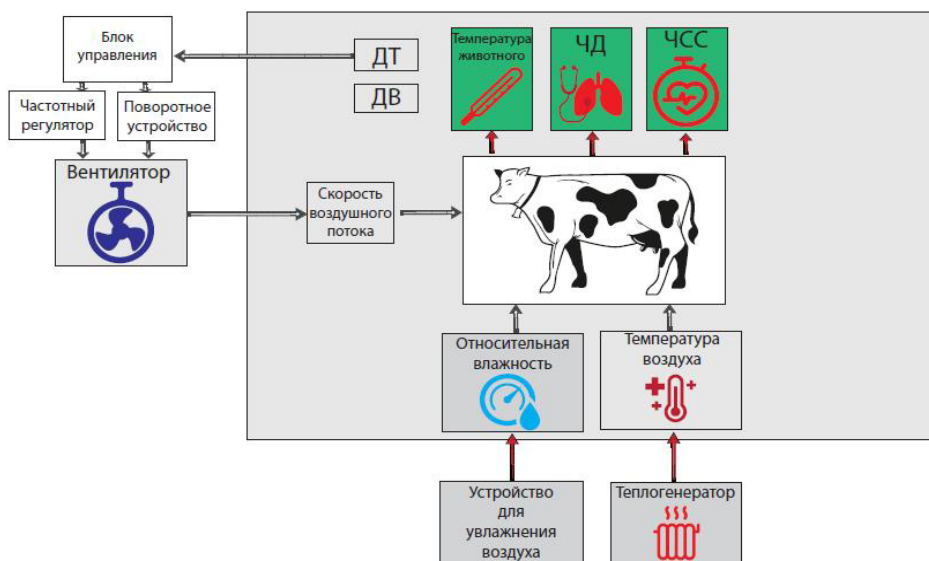


Рис. 1. Функциональная схема экспериментальной установки



Рис. 2. Климатическая камера

Результаты и обсуждение. Анализ исследования показывает, что при повышении температуры и влажности воздуха происходит изменение клинико-физиологических показателей коров – в частности, увеличения частоты дыхания и пульса коров, при этом температура тела практически не изменяется. В частности, при увеличении температуры с 20°C до 35°C и относительной влажности с 50% до 80% частота сердечных сокращений увеличилась с 63 до 103,3 уд/мин., частота дыхания – с 19,1 до 41,3 дых. дв/мин. Температура тела имеет значения 37,8...38,3°C. В результате исследований установлено, что изменяя скорость потока воздуха, действующего на коров, можно влиять на клинико-физиологические показатели животных, которые характеризуют тепловой стресс, т.е. при увеличении скорости воздуха происходит снижение частоты дыхания и пульса у коров, причем при скорости 1,5 м/с показатели частоты дыхания и частоты сердечных сокращений приходят к норме быстрее, чем при скорости 1 м/с (рис. 3, 4).

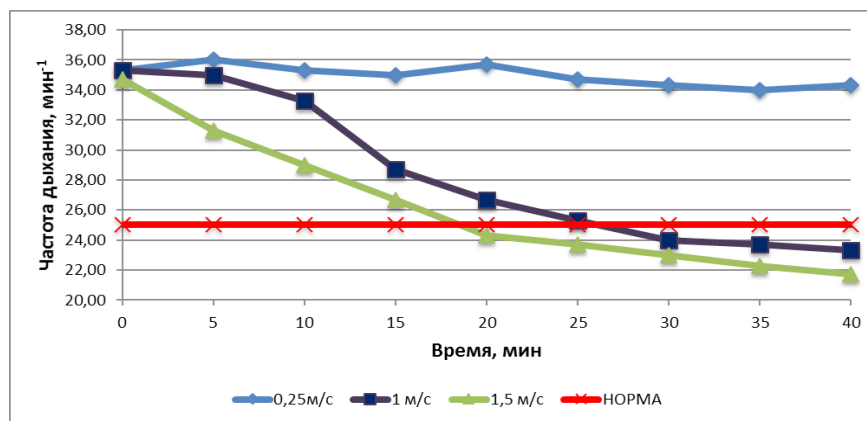


Рис. 3. Изменение частоты дыхания при обдуве животных вентилятором при относительной влажности $\phi = 65\%$

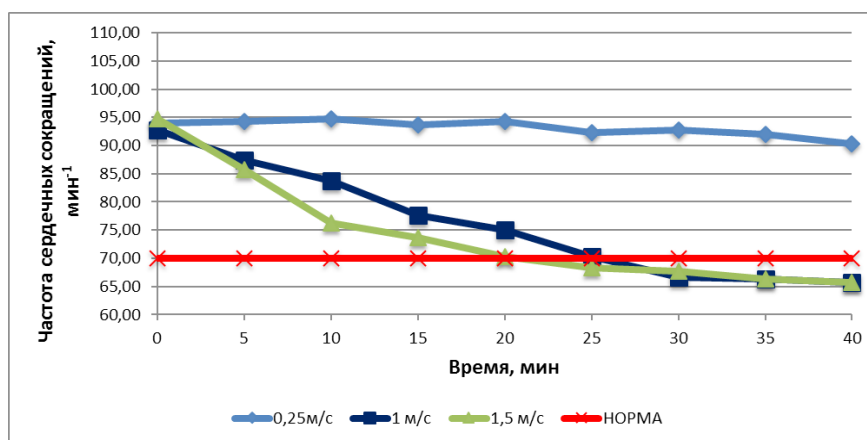


Рис. 4. Изменение частоты сердечных сокращений при обдуве животных вентилятором при относительной влажности $\phi = 65\%$

Для практического расчета местной вентиляции предлагаются аналитические выражения (1), устанавливающие зависимость снижения частоты дыхания Δv_d и частоты сердечных сокращений Δv_n животного, испытывающего тепловой стресс, от скорости потока воздуха V_b и продолжительности его воздействия τ . Выражение получено в результате статистической обработки экспериментальных данных. При этом принимаем:

$$\begin{cases} \Delta v_d = 60K_1 \frac{V_b \tau}{\varphi t_b} - 60K_2 \frac{V_b \tau^2}{\varphi t_b} + K_3 \\ \Delta v_n = 60K_4 \frac{V_b \tau}{\varphi t_b} - 60K_5 \frac{V_b \tau^2}{\varphi t_b} + K_6 \end{cases}, \quad (1)$$

где φ – относительная влажность воздуха, %; V_b – скорость воздушного потока, м/с; t_b – температуры воздуха в помещении, °С; τ – время воздействия, мин; Δv_d – изменение частоты дыхания, мин⁻¹; Δv_n – изменение частоты сердечных сокращений, мин⁻¹; $K_1, ^\circ\text{C}/\text{м}$; $K_2, ^\circ\text{C}/\text{м}\cdot\text{мин}$; $K_3, \text{мин}^{-1}$; $K_4, ^\circ\text{C}/\text{м}$; $K_5, ^\circ\text{C}/\text{м}\cdot\text{мин}$; $K_6, \text{мин}^{-1}$ – коэффициенты, учитывающие индивидуальные адаптационные способности животных.

Граничные условия для аналитического выражения:

$$V_b = 0 \dots 2; t_b = 20 \dots 35; v_d(0) = 15 \dots 30; v_n(0) = 50 \dots 80; \varphi = 0,50 \dots 0,80; \tau = 0 \dots 40.$$

Экспериментально полученные коэффициенты:

$$K_1 = 0,13; K_2 = 0,0016; K_3 = 0,1 \dots 0,7; K_4 = 0,4; K_5 = 0,0053; K_6 = 0,23 \dots 0,29.$$

Погрешность выражения не превышает 15%. Для получения высокоточной математической модели необходимо учитывать большое количество факторов: возраст животного, особенности породы, стадию лактации, массу и габариты животного, физиологический статус, режим питания, рацион корма, здоровье животных и т.д. При этом в практической работе удобнее пользоваться выражением, в котором контролируется частота дыхания животного.

Выводы

В результате обобщения экспериментальных данных установлены зависимости влияния параметров местной принудительной вентиляции: скорости воздушного потока и продолжительности его воздействия на клинико-физиологические показатели животных: частоту сердечных сокращений и частоту дыхания в теплое время года. Установлено, что воздействие местной принудительной вентиляции обеспечивает нормализацию клинико-физиологических показателей животных и снижение теплового стресса [9–14].

Библиографический список

1. Андреев С.А. Энергосберегающее управление влажностью воздуха на объектах АПК / С.А. Андреев, Ю.А. Судник, И.В. Белоусова // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2010. № 2. С. 7–12.
2. Структурно-технологическое моделирование процессов и функциональных систем в молочном скотоводстве / М.Н. Ерохин, В.В. Кирсанов, Ю.А. Цой, С.П. Казанцев [и др.] // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2007. Т. 17. № 1. С. 19–31.
3. Механизация и технология животноводства: Учеб. для студ. вузов, обучающихся по спец. 311300 – «Механизация сельского хозяйства» / В.В. Кирсанов и др.; ред. Ю.А. Чичов. М.: КолосС, 2007. 584 с.
4. Самарин Г.Н. Новое техническое решение для обеспечения оптимальной относительной влажности на ферме / С.И. Иванов, Г.Н. Самарин, В.А. Ружьев // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2013. № 31. С. 229–232.
5. Самарин Г.Н. Контроль и управление основными параметрами микроклимата животноводческого помещения / Г.Н. Самарин // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2008. № 3. С. 19–21.
6. Игнаткин И.Ю. Эффективные системы охлаждения для животноводства / И.Ю. Игнаткин, И.В. Ильин, А.А. Путан, М.Г. Курячий // Техника и оборудование для села. 2015. № 1. С. 22–25.
7. Игнаткин И.Ю. Эффективная система вентиляции / А.В. Архипцев, И.Ю. Игнаткин, М.Г. Курячий // Вестник НГИЭИ. 2013. № 8 (27). С. 10–15.
8. Устройство для вентиляции коровника: патент № 151656 РФ, МПК А 01 К 1/00 / Ю.Г. Иванов, В.Г. Борулько, Д.А. Понизовкин; опубл. 10.04.2015, Бюл. № 10.
9. Иванов Ю.Г. Влияние параметров воздушной среды коровника на физиологические показатели животных / Ю.Г. Иванов, Д.А. Понизовкин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2015. № 4. С. 18–21.
10. Иванов Ю.Г. Система принудительной вентиляции коровника для теплого времени года / Ю.Г. Иванов, Д.А. Понизовкин // Сельский механизатор. 2015. № 8. С. 26–27.
11. Иванов Ю.Г. Влияние параметров принудительной вентиляции на физиологические показатели коров при высоких значениях температуры и относительной влажности воздуха в помещении / Ю.Г. Иванов, В.Г. Борулько, Д.А. Понизовкин // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2015. № 4 (20). С. 192–194.
12. Иванов Ю.Г. Энергосберегающая система принудительной вентиляции коровника для летнего периода времени / Ю.Г. Иванов, Д.А. Понизовкин //

Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. Тр. 9-й Межд. науч.-техн. конф. Ч. 3. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2014. С. 104–105.

13. Иванов Ю.Г. Обоснование параметров принудительной вентиляции на молочной ферме для летнего периода времени / Ю.Г. Иванов, Д.А. Понизовкин // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2013. № 3 (11). С. 173–175.

14. Иванов Ю.Г. Технологические решения по вентиляции на молочной ферме для теплого времени года / Ю.Г. Иванов, Д.А. Понизовкин // Основные направления развития техники и технологии в АПК, легкой и пищевой промышленности: Матер. Всерос. конф. Княгинино: НГИЭИ, 2013. С. 150–153.

Статья поступила 15.02.2016

LOCAL FORCED COWSHED VENTILATION IN WARM SEASONS

YURIY G. IVANOV, DSc (Eng), Associate Professor¹

E-mail: iy.electro@mail.ru

VYACHESLAV G. BORULKO, PhD (Eng), Associate Professor¹

E-mail: electro@rgau-msha.ru

DMITRY A. PONIZOVKIN, Senior Lecturer¹

E-mail: ponizovkin.d@gmail.com

ABDULBARI G. GABDULLIN, PhD (Eng), Associate Professor¹

E-mail: iy.electro@mail.ru

¹ Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Timiryazevskaya str., 49, Moscow, 127550, Russian Federation

The paper presents the results of experimental studies of local forced cowshed ventilation in warm seasons. The authors consider the methods used for local forced ventilation, and offer an overall layout of the experimental installation. The paper provides details concerning the impact of the airflow rate of local forced ventilation on clinical and physiological characteristics of animals, which is illustrated with graphic dependences. It has been established that the highest values of respiration and heart rates in animals are observed at 35 degrees by Celsius and a relative air humidity of 80 percent. The studies have found that changing the flow rate of air acting on cows can affect physiological parameters of animals that characterize thermal stress, i.e. by increasing air velocity it is possible to reduce respiratory and heart rates in cows. Moreover, at a speed of 1.5 m/s the respiratory and heart rate parameters approach normal values faster than at a speed of 1 m/s. The summary of the experimental data allows establishing the patterns of the influence of local forced ventilation parameters on clinical and physiological characteristics of animals. The authors also offer analytical expressions for practical calculation of local ventilation that establish the dependence of respiratory and heart rate reduction in animals experiencing thermal stress from the air flow rate and duration. The paper finishes with the conclusion about the effectiveness of local forced ventilation impact on animals in terms of the normalization of physiological parameters and thermal stress reduction.

Key words: ventilation system, forced ventilation, cowshed, warm season, thermal stress.

References

1. Strukturno-tekhnologicheskoe modelirovanie protsessov i funktsional'nykh sistem v molochnom skotovodstve [Energy-saving control humidity in farm facilities] / S.A. Andreyev, Yu.A. Sudnik, I.V. Belousova // Herald of Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education "Moscow State Agroengineering University named after V. P. Goryachkin". 2010. No 2. Pp. 7–12.

2. Strukturno-tekhnologicheskoe modelirovanie protsessov i funktsional'nykh sistem v molochnom skotovodstve [Modeling structural and technological process and functional systems in dairy farming] / M.N. Erokhin, V.V. Kirsanov, Yu.A. Tsoi, S.P. Kazantsev and others / VNIIMZH Journal. 2007. № 17. No 1. Pp. 19–31.

3. Mekhanizatsiya i tekhnologiya zhivotnovodstva: Ucheb. dlya stud. vuzov, obuchayushchikhsya po spets. 311300 – "Mekhanizatsiya sel'skogo khozyaystva"

[Livestock Breeding Mechanization and Technology: Textbook for University students majoring in specialty 311300 – Farm Mechanization] / V.V. Kirsanov and others; edited by Yu.A. Chichov. Moscow: KolosS, 2007. 584 p.

4. Samarin G.N. Novoe tekhnicheskoe reshenie dlya obespecheniya optimal'noy otnositel'noy vlazhnosti na ferme [New technical solution for obtaining optimum relative humidity in livestock breeding premises] / S.I. Ivanov, G.N. Samarin, V.A. Ruzhev // Bulletin of St. Petersburg State Agrarian University. 2013. No 31. Pp. 229–232.

5. Samarin G.N. Kontrol' i upravlenie osnovnymi parametrami mikroklimata zhivotnovodcheskogo pomeshcheniya [Control and management of basic microclimate parameters of livestock breeding premises] / G.N. Samarin // Herald of Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education "Moscow State Agroengineering University named after V. P. Goryachkin". 2008. No 3. Pp. 19–21.

6. Ilyin I.V. Effektivnye sistemy okhlazhdeniya dlya zhivotnovodstva [Effective cooling system for livestock breeding] / I.Yu. Ignatkin, I.V. Ilyin, A.A. Putan, M.G. Kuryachy // Farm Machinery and Equipment. 2015. No 1. Pp. 22–25.

7. Ignatkin I.Yu. Effektivnaya sistema ventilyatsii [Efficient ventilation system] / I.Yu. Ignatkin, A.V. Arhiptsev, M.G. Kuryachy // Herald of NGIEI. 2013. No 8 (27). Pp. 10–15.

8. Ponizovkin D.A. and others. Device for cowshed ventilation / RF patent for utility model No 151656 RF U1 (2006/01), application number 2014136305/13 from 08.09.2014, published on 10.04.2015, Bulletin No 10.

9. Ivanov Yu.G. Vliyanie parametrov vozdushnoy sredy korovnika na fiziologicheskie pokazateli zhivotnykh [Influence of parameters of air environment on physiological indicators of barn animals] / Yu.G. Ivanov, D.A. Ponizovkin // Farm Mechanization and Power Supply. 2015. No 4. Pp. 18–21.

10. Ivanov Yu.G. Sistema prinuditel'noy ventilyatsii korovnika dlya teplogo vremeni goda [Mechanical cowshed ventilation for warm seasons] / Yu.G. Ivanov, D.A. Ponizovkin // Farm Mechanical Engineer. 2015. No 8. Pp. 26–27.

11. Ivanov Yu.G. Vliyanie parametrov prinuditel'noy ventilyatsii na fiziologicheskie pokazateli korov pri vysokikh znacheniyakh temperatury i otnositel'noy vlazhnosti vozdukh v pomeshchenii [Influence of mechanical ventilation parameters on physiological indicators of cows at high temperature and relative humidity in the cowshed] / Yu.G. Ivanov, V.G. Borulko, D.A. Ponizovkin // Herald of VNIIMZH [All-Russian Scientific Research Institute for Livestock Breeding Mechanization]. 2015. No 4 (20). Pp. 192–194.

12. Ivanov Yu.G. Energoberegayushchaya sistema prinuditel'noy ventilyatsii korovnika dlya letnego perioda vremeni [Energy saving system of forced cowshed ventilation in summer time] / Yu.G. Ivanov, D.A. Ponizovkin // Energy supply and energy efficiency in agriculture. Proceedings of 9th International scientific and engineering. Conference, State Scientific Institution VIESKh [All-Russian Institute for Farm Power Supply], Moscow. 2014. No 3. Pp. 104–105.

13. Ivanov Yu.G. Obosnovanie parametrov prinuditel'noy ventilyatsii na molochnoy ferme dlya letnego perioda vremeni [Justification of mechanical ventilation parameters on a dairy farm for a summer period] / Yu.G. Ivanov, D.A. Ponizovkin // Herald of VNIIMZH [All-Russian Scientific Research Institute for Livestock Breeding Mechanization]. 2013. No 3 (11). Pp. 173–175.

14. Ivanov Yu.G. Tekhnologicheskie resheniya po ventilyatsii na molochnoy ferme dlya teplogo vremeni goda [Technological solutions for ventilation on a dairy farm for warm seasons] / Yu.G. Ivanov, D.A. Ponizovkin // Main development directions of machinery and technology in agriculture, light and food industries. Proceedings of All-Russian Conference. Knyaginino: NGIEI [Nizhniy Novgorod State Engineering-and-Economic University]. 2013. Pp. 150–153.

Received on February 15, 2016