

liptic functions in problems of theoretical mechanics]. Izhevsk: Izd-vo IzhGSKhA, 2007. 132 p. (in Rus).

4. Pavlov A. Ye. Ploskoparallel'noye kachenije ellipsoida po ploskosti i tsilindru [Plane-parallel rolling of an ellipsoid along a plane and a cylinder] *Problemy mekhaniki i upravleniya: nelineynyye dinamicheskiye sistemy*. Perm', 2004. No. 6. Issue 36. Pp. 94-118. (in Rus).

5. Kanayev I.I. Zhorzh Lui Lekler de Byuffon [Georges Louis Leclerc de Buffon]. 1707-1781. M.; L.: Nauka, 1966. 266 p. (in Rus).

6. Sekey G. Paradoksy v teorii veroyatnostey i matematicheskoy statistike [Paradoxes in probability theory and mathematical statistics]. M.: Mir, 1990. 240 p. (in Rus).

7. Kendall M., Moran P. Geometricheskiye veroyatnosti [Geometric probabilities]. M.: Nauka, 1972. 192 p. (in Rus).

8. Pavlov A. Ye., Pavlova L.A. Elementy matematicheskoy statistiki [Elements of mathematical statistics]. Izhevsk: Izd-vo IzhGSKhA, 2010. 83 p. (in Rus).

Received on January 17, 2017

УДК 636

ИГНАТКИН ИВАН ЮРЬЕВИЧ, канд. техн. наук, доцент

E-mail: ignatkinivan@gmail.com

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, ул. 2-я Бауманская, д. 5, стр. 1, Москва, 105005, Российская Федерация

СПОСОБ ОСУШЕНИЯ ВОЗДУХА В КОРОВНИКАХ

Описана технология осушения воздуха в комплексах крупного рогатого скота (КРС). Микроклимат оказывает значительное влияние на продуктивность КРС. Так максимальные удои коровы наблюдаются в температурном диапазоне +5...+20 градусов Цельсия. При температурах ниже -20 градусов Цельсия корова молока не дает. При снижении температуры на каждые 5 градусов Цельсия расход корма увеличивается приблизительно на 8%. При высокой относительной влажности воздуха в производственных помещениях (более 75%) удои коровы снижается на 35% и на 20% повышается расход корма; привесы снижаются на 30% и повышается расход корма у КРС на откорме. В попытке «сэкономить» производители продукции КРС занижают воздухообмены в отопительный период. Такая «экономия» неминуемо приводит к ухудшению микроклимата, а следовательно, негативно сказывается на продуктивности животных. В условиях сложившегося производства устанавливать систему отопления представляется капиталоемкой и хлопотной задачей. Компания ООО «АгроПроектИнвест», расположенная в Липецкой области, предлагает применить систему рекуперации тепла с целью обеспечения необходимого микроклимата без затрат на отопление, а именно поддерживать нормативную относительную влажность воздуха (75...40%); снизить концентрацию углекислого газа на 0,15%; сэкономить около 200 кВт отопительной мощности для коровника на 600 гол.

Ключевые слова: вентиляция, микроклимат, осушение воздуха, рекуперация теплоты, скотоводство, система микроклимата, система отопления и вентиляции, утилизация теплоты, энергосбережение.

Введение. Обеспечение требуемого микроклимата – одна из наиболее важных задач на пути снижения себестоимости молока и говядины.

Микроклимат значительно влияет на продуктивность животных. В частности, максимальные удои коровы наблюдаются в температурном диапазоне +5...+20°C, а за пределами этой зоны удои снижаются. При температурах ниже -20°C корова молока не дает. Максимальные привесы КРС наблюдаются в зоне температур 0...+25°C, а за пределами этого диапазона привесы снижаются. В то же время наблюдается практически линейная зависимость по-

вышения расхода корма с понижением температуры воздуха. Так при снижении температуры на каждые 5°C расход корма увеличивается приблизительно на 8%. При высокой относительной влажности воздуха в производственных помещениях (> 75%) удои коровы снижается на 35% и на 20% повышается расход корма; привесы снижаются на 30% и повышается расход корма у КРС на откорме [1-7].

КРС комфортно себя чувствует при температуре +10°C, и если запереть окна и двери, тепловыделений животных вполне будет достаточно для обеспечения указанного температурного режима.

Однако животные остро реагируют на повышенную относительную влажность воздуха, что обязывает поддерживать необходимый воздухообмен.

В структуре теплового баланса современного хорошо утепленного коровника на 600 голов (стены и кровля из сэндвич-панелей 100 и 200 мм соответственно, вентиляционные проемы закрыты надувными шторами) основные потери теплоты приходятся на нагрев вентиляционного воздуха. Так, при обеспечении нормативной относительной влажности 75% и температуры 10°C на вентиляцию приходится 388 кВт (76%), потери через ограждающие конструкции составляют 89 кВт (17%), потери на испарение влаги со смоченных поверхностей – 35 кВт (7%).

В попытке сократить издержки производители занижают воздухообмены в отопительный период. Такая «экономия» неминуемо приводит к ухудшению микроклимата, а следовательно, негативно сказывается на продуктивности животных и в конечном итоге – на себестоимости продукции [8-10].

В условиях сложившегося производства устанавливать систему отопления представляется капиталоемкой задачей.

Цель исследований – применение системы рекуперации тепла для обеспечения необходимого микроклимата без затрат на отопление.

Материал и методы. В рекуперативном теплообменнике теплопередача осуществляется через разделяющую стенку, что исключает смешивание вытяжного и приточного воздуха. В результате теплообмена приточный воздух подогревается за счет теплоты вытяжного [11-13].

В наиболее холодный период года при температурах ниже минус 10°C возможно охлаждение теплообменной стенки до отрицательных температур, в таких условиях конденсат обмерзает. Для возобновления работоспособности установка переключается

в режим оттаивания, при этом выключается приточный вентилятор, отсекая источник холода, заслонка перекрывает вытяжной канал, и теплый воздух, проходя через теплообменник, оттаивает его. Влага вытяжного воздуха конденсируется, что приводит к его осушению. Образовавшаяся жидкость под действием гравитации стекает в поддон и удаляется через конденсатоотводчик в систему канализации. Осушенный воздух направляется обратно в помещение. С конденсатом в систему канализации удаляются растворенные в нем газы (особенно хорошо растворяется аммиак), что благоприятно сказывается на микроклимате помещения. Полностью оттаявшая установка переключается в режим рекуперации.

Результаты и обсуждение. При установке в коровник на 600 голов, расположенный в Липецкой области, четырех рекуператоров производительностью 6000 м³/ч мы обеспечим заданный микроклимат. В наиболее холодный период года половина рекуператоров будет работать в режиме рекуперации, вторая – в режиме оттаивания (осушения воздуха).

Расчет проведен из условия обеспечения в коровнике температуры 10°C, в качестве примера приведены данные по относительной влажности и концентрации углекислого газа в коровнике при поддержании в нем температуры 5°C (рис. 1, 2).

Данные расчетов отчетливо демонстрируют, что при использовании системы осушения воздуха относительная влажность воздуха поддерживается в нормативных пределах 75...40%, без осушения воздуха значение относительной влажности превышает допустимое значение в среднем на 10...20% и достигает допустимых значений только при температурах выше минус 13°C и минус 20°C при температурах внутреннего воздуха 5 и 10°C соответственно.

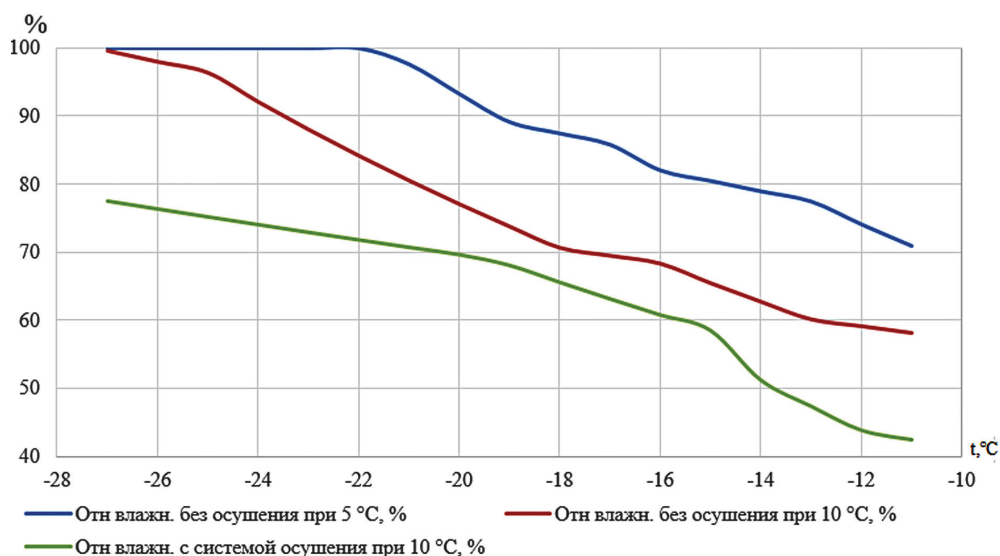


Рис. 1. Зависимость относительной влажности воздуха от наружной температуры

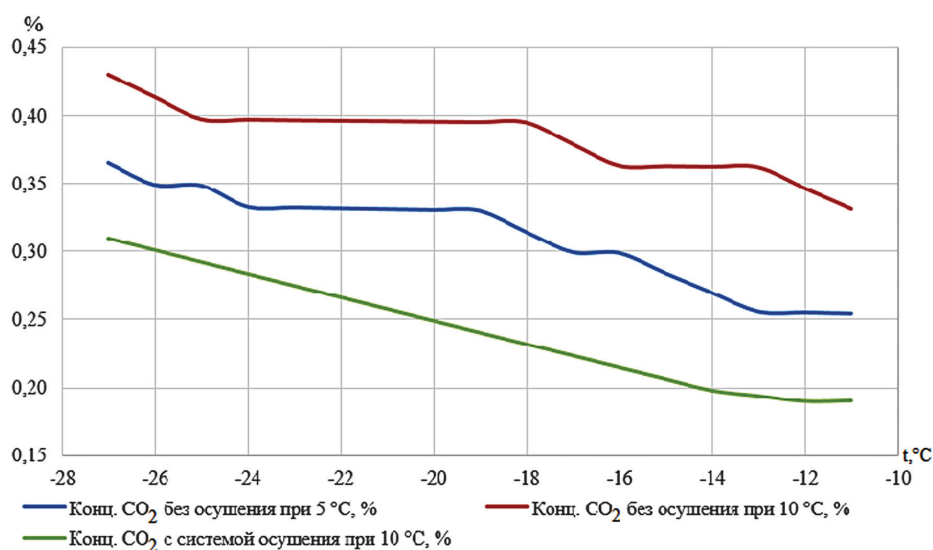


Рис. 2. Зависимость концентрации CO₂ от наружной температуры

Концентрация углекислого газа при использовании системы осушения воздуха в среднем ниже на 20 и 45% при температурах внутреннего воздуха 5 и 10°C соответственно.

Для обеспечения описанных параметров микроклимата без применения системы осушения воздуха потребовалось бы дополнительно порядка 200 кВт тепловой мощности.

Выводы

Система осушения воздуха позволяет:

- поддерживать нормативную относительную влажность воздуха (75...40%) без затрат на отопление;
- снизить концентрацию углекислого газа на 0,15%;
- сэкономить около 200 кВт отопительной мощности для коровника на 600 голов в Липецкой области.

Библиографический список

1. РД-АПК 1.10.01.02-10 Методические рекомендации по технологическому проектированию ферм и комплексов крупного рогатого скота. М.: Минсельхоз РФ, 2011. 109 с.
2. Механизация и автоматизация животноводства / В.В. Кирсанов, Ю.А. Симарев, Р.Ф. Филонов: Учебник. М., 2004. Сер. Среднее профессиональное образование. Сельское хозяйство. 398 с.
3. Механизация и технология животноводства / В.В. Кирсанов, Д.Н. Мурусидзе, В.Ф. Некрашевич, В.В. Шевцов, Р.Ф. Филонов: Учебник. М., 2013. Сер. Высшее образование – бакалавриат. 585 с.
4. Игнаткин И.Ю., Курячий М.Г. Системы вентиляции и влияние параметров микроклимата на продуктивность свиней // Вестник НГИЭИ. 2012. № 10 (17). С. 16-34.
5. Ильин И.В. Влияние параметров микроклимата на продуктивность свиней / И.В. Ильин,

И.Ю. Игнаткин, М.Г. Курячий // Перспективное свиноводство: теория и практика. 2011. № 3. С. 21.

6. Архипцев А.В., Игнаткин И.Ю. Автоматизированная система микроклимата с утилизацией теплоты вытяжного воздуха // Вестник НГИЭИ. 2016. № 4 (59). С. 5-14.

7. Тихомиров Д.А. Энергосберегающие электрические системы и технические средства теплообеспечения основных технологических процессов в животноводстве: Дис. ...д-ра техн. наук. М., 2015.

8. Игнаткин И.Ю. Технологии проектирования и строительства свиноводческих комплексов в различных климатических условиях / И.Ю. Игнаткин, М.Г. Курячий, А.М. Бондарев, А.А. Путан // Инновации в сельском хозяйстве. 2015. № 4 (14). С. 237-245.

9. Ильин И.В. Опыт проектирования систем отопления и вентиляции на свиноводческих фермах и комплексах / И.В. Ильин, И.Ю. Игнаткин, М.Г. Курячий // Эффективное животноводство. 2011. № 6. С. 40-42.

10. Архипцев А.В. Эффективная система вентиляции / А.В. Архипцев, И.Ю. Игнаткин, М.Г. Курячий // Вестник НГИЭИ 2013. № 8 (27). С. 10-15.

11. Энергосберегающее оборудование для обеспечения микроклимата в животноводческих помещениях: Ан. обзор / Н.П. Мишулов, Т.Н. Кузьмина. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2004. 96 с.

12. Ильин И.В. Рекуперация теплоты в свиноводстве / И.В. Ильин, И.Ю. Игнаткин, М.Г. Курячий, А.М. Бондарев // Эффективное животноводство. 2015. № 9 (118). С. 40-41.

13. Игнаткин И.Ю. Анализ эффективности применения рекуператоров теплоты УТ-6000С, УТ-3000 в системе микроклимата секции откорма на 300 голов свиного комплекса «Фирма Моргадель» // Вестник ВНИИМЖ. 2015. № 1 (17). С. 107-111.

Статья поступила 6.03.2017

METHOD OF DRYING AIR IN COWSHEDS

IVAN Yu. IGNATKIN, PhD (Eng), Associate Professor

E-mail: ignatkinivan@gmail.com

Bauman Moscow State Technical University, 2nd Baumanskaya str., 5/1, Moscow, 105005, Russian Federation

The paper outlines the technology of air drying in cattle breeding facilities. The microclimate has a significant impact on the productivity of cattle. So the maximum milk yield of a cow is observed in a temperature range of +5...+20 degrees Celsius. At temperatures below –20 degrees Celsius, a cow does not give milk. When the temperature drops by every 5 degrees Celsius, the feed consumption increases by approximately 8%. At high relative air humidity in industrial premises (more than 75%) milk yield is reduced by 35% and feed consumption is increased by 20%; the weight gain is reduced by 30% and the feed consumption by fattened cattle is increased. Attempting to “save” cattle producers decrease air exchange in a heating season. Such “saving” inevitably leads to microclimate deterioration, and consequently, negatively affects the livestock productivity. In the existing production conditions, installing a heating system is rather a capital-intensive and troublesome task. The company “AgroProjectInvest” LLC located in the Lipetsk region proposes to apply a heat recovery system to ensure the necessary microclimate conditions without heating costs, namely, to maintain the normative relative humidity (75...40%), reduce the concentration of carbon dioxide by 0.15%, and save about 200 kW of heating capacity for a 600-head cowshed.

Key words: ventilation, microclimate, air dehumidification, heat recovery, cattle breeding, microclimate control system, heating and ventilation system, heat utilization, energy saving.

References

1. RD-APK 1.10.01.02-10 Metodicheskiye rekomendatsii po tekhnologicheskomu proyektirovaniyu ferm i kompleksov krupnogo rogatogo skota [RD-APK 1.10.01.02-10 Methodological recommendations on technological design of cattle farms and complex facilities]. M.: Minsel'khos RF, 2011. 109 p. (in Rus).
2. Kirsanov V.V., Simarev Yu.A., Filonov R.F. Mekhanizatsiya i avtomatizatsiya zhivotnovodstva [Mechanization and automation of animal husbandry]. Moscow, 2004. 398 p. (in Rus).
3. Kirsanov V.V., Murusidze D.N., Nekrashevich V.F., Shevtsov V.V., Filonov R.F. Mekhanizatsiya i tekhnologiya zhivotnovodstva [Mechanization and technology of animal husbandry]. Moscow, 2013. 585 p. (in Rus).
4. Ignatkin I. Yu., Kuryachiy M.G. Sistemy ventilyatsii i vliyaniye parametrov mikroklimate na produktivnost' sviney [Ventilation systems and the effect of microclimate parameters on the productivity of pigs]. *Vestnik NGIEI*. 2012. No. 10 (17). Pp. 16-34. (in Rus).
5. Il'in I.V., Ignatkin I.YU., Kuryachiy M.G. Vliyaniye parametrov mikroklimate na produktivnost' sviney [Influence of microclimate parameters on the productivity of pig]. *Perspektivnoye svinovodstvo: teoriya i praktika*. 2011. No. 3, P. 21. (in Rus).
6. Arkhiptsev A.V., Ignatkin I.YU. Avtomatizirovannaya sistema mikroklimate s utilizatsiyey teploty vytyazhnogo vozdukh [Automated system of microclimate with utilization of exhaust air heat]. *Vestnik NGIEI*. 2016. No. 4 (59). Pp. 5-14. (in Rus).
7. Tikhomirov D.A. Energoberegayushchiye elektricheskiye sistemy i tekhnicheskiye sredstva teploobespecheniya osnovnykh tekhnologicheskikh protsessov v zhivotnovodstve: dis. ...d-ra tekhn. Nauk [Energy-saving electrical systems and technical means of heat supply of basic technological processes in animal husbandry: PhD (Eng) thesis self-review]. M., 2015. (in Rus).
8. Ignatkin I.Yu., Kuryachiy M.G., Bondarev A.M., Putan A.A. Tekhnologii proyektirovaniya i stroitel'stva svinovodcheskikh kompleksov v razlichnykh klimaticheskikh usloviyakh [Technologies of designing and construction of pig-breeding complex facilities in different climatic conditions]. *Innovatsii v sel'skom khozyaystve*. 2015. No. 4 (14). Pp. 237-245. (in Rus).
9. Il'in I.V., Ignatkin I.Yu., Kuryachiy M.G. Opyt proyektirovaniya sistem otopeniya i ventilyatsii na svinovodcheskikh fermakh i kompleksakh [Experience in designing heating and ventilation systems in pig farms and complex facilities]. *Effektivnoye zhivotnovodstvo*. 2011. No. 6. Pp. 40-42. (in Rus).
10. Arkhiptsev A.V., Ignatkin I.Yu., Kuryachiy M.G. Effektivnaya sistema ventilyatsii [Effective ventilation system]. *Vestnik NGIEI*. 2013. No. 8 (27). Pp. 10-15. (in Rus).
11. Mishurov N.P., Kuz'mina T.N. Energoberegayushcheye oborudovaniye dlya obespecheniya mikroklimate v zhivotnovodcheskikh pomeshcheniyakh: An. Obzor [Energy-saving equipment for providing microclimate in cattle-breeding premises: Analytical review]. M.: FGNU “Rosinformagrotekh”, 2004. 96 p. (in Rus).

12. Il'in I.V., Ignatkin I.YU., Kuryachiy M.G., Bondarev A.M. Rekuperatsiya teploty v svinovodstve [Heat recovery in pig breeding]. *Effektivnoye zhivotnovodstvo*. 2015. No. 9 (118). Pp. 40-41. (in Rus).

13. Ignatkin I.Yu. Analiz effektivnosti primeneniya rekuperatorov teploty UT-6000S, UT-3000 v sisteme mikroklimata sektsii otkorma na 300 golov svinokom-

pleksa "Firma Mortadel" [Analysis of the efficiency of heat recuperators UT-6000S, UT-3000 in the microclimate system of the fattening section for 300 heads of the "Mortadel Firm" pig breeding enterprise]. *Vestnik VNIIMZH*. 2015. No. 1 (17). Pp. 107-111. (in Rus).

Received on March 6, 2017

УДК 629.017

ЩИГОЛЕВ СЕРГЕЙ ВИКТОРОВИЧ

E-mail: sergeysch127@mail.ru

ЛОМАКИН СЕРГЕЙ ГЕРАСИМОВИЧ, канд. техн. наук, профессор

E-mail: irina17-12-69@mail.ru

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗОК НА КОЛЕСА ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА, НАХОДЯЩЕГОСЯ НА ПОПЕРЕЧНОМ СКЛОНЕ

Способность сохранять свое устойчивое положение в различных условиях эксплуатации влияет на безопасность работы самоходных сельскохозяйственных машин. Одной из характеристик, определяющих указанное свойство, является угол поперечной статической устойчивости. На величину угла поперечной статической устойчивости машины в определенной степени влияет деформация шин, которая, в свою очередь, зависит от приходящихся на них нагрузок. Для определения нагрузок, действующих на колеса комбайна, разработали расчетную схему, в соответствии с которой вывели аналитические зависимости для определения действующих сил. Полученные расчетные данные показывают, что нагрузки, действующие на колеса ведущего и управляемого мостов, при боковом крене изменяются непропорционально. Это обусловлено применением в качестве элемента подвески, отвечающего за приспособляемость машины к условиям рельефа, моста управляемых колес балансирующего типа. В результате под действием составляющей веса задней части комбайна, действующей вдоль склона, создается момент сил, приводящий к перераспределению нагрузок между колесами ведущего моста. Сделан вывод о влиянии балансирующей подвески моста управляемых колес на особенности перераспределения нагрузки между колесами машины и безопасность ее эксплуатации.

Ключевые слова: зерноуборочный комбайн, трактор, поперечная устойчивость, балансирующий мост управляемых колес, центр масс, деформация шины, нагрузка на колеса.

Введение. Способность сохранять свое устойчивое положение в различных условиях эксплуатации влияет на безопасность работы самоходных сельскохозяйственных машин. Одной из характеристик, определяющих указанное свойство, является угол поперечной статической устойчивости [1].

Ходовая часть значительного количества сельскохозяйственных машин (таких как кормо- и зерноуборочные комбайны, тракторы) не имеет подпрессоренных элементов. Снижение нагрузки на раму у таких машин, а также обеспечение возможности копирования рельефа поля при движении достига-

ется установкой моста управляемых колес балансирующего типа.

Как известно [2], значение угла поперечной статической устойчивости для машин с балансирующим мостом управляемых колес зависит от высоты (h_0) расположения шарнира подвеса моста управляемых колес над опорной поверхностью, вертикальной (h_c) и горизонтальной (c) координат центра масс машины, величин колеи (b) ведущих колес и продольной базы (l) ходовой части.

Кроме рассмотренных параметров, на величину угла устойчивости влияет деформация шин, поскольку она может вызвать смещение центра