УДК 636.2:631.2

В.М. Мартынов, А.А. Катков, Р.А. Хамматов

ВЫБОР СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ КОРОВНИКА С УЧЕТОМ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Ключевые слова: коровник; микроклимат; вентиляция; температура; воздух; теплота.

Введение. Экономическая эффективность интенсивного ведения животноводства зависит от рационального содержания животных, которое в значительной мере определяется оптимальным микроклиматом в помещениях.

От микроклимата животноводческих помещений во многом зависят здоровье крупного рогатого скота, его продуктивность, а также условия работы обслуживающего персонала. При несоответствии микроклимата оптимальным зооигиеническим параметрам надои молока снижаются на 10–20 %, прирост массы животных – на 20–30 %, отход молодняка достигает 40 %.

Из всех факторов микроклимата наиболее важную роль играет температура воздуха в помещении, а также температура полов и других поверхностей, т. к. она непосредственно влияет на терморегуляцию, теплообмен, на обмен веществ в организме и другие процессы жизнедеятельности [1, 3].

При понижении температуры в помещениях относительная влажность воздуха возрастает и может наблюдаться конденсация водяных паров на ограждающих конструкциях. Взрослая корова выдыхает до 15 литров воды в день в виде водяного пара [11]. Повышение относительной влажности воздуха выше допустимого уровня и особенно наличие конденсации нежелательно по зооигиеническим, теплофизическим и техническим соображениям [1, 3].

При невысокой влажности животные лучше переносят низкую температуру. Из-за большой теплопроводности влажного воздуха при низких температурах животные теряют много тепла, возможны заболевания. Влага является также благоприятной средой для развития болезнетворных микробов, грибов и плесени. Высокая влажность воздуха и содержание влаги в материалах ограждающих конструкций ведет к снижению их теплозащитных свойств, увеличению

теплопотерь, понижению температуры внутреннего воздуха и внутренних поверхностей ограждений [1].

Высокая относительная влажность воздуха в стойловых помещениях и конденсат наносят большой ущерб долговечности зданий, машин и оборудования. Влажностный режим помещения оказывает влияние на такие факторы долговечности конструкций, как морозостойкость, отслаивание штукатурки и облицовки, подверженность гниению древесины и коррозии металла. На роботизированных фермах повышенная влажность может привести к сбоям в работе систем наведения на соски.

На формирование микроклимата в животноводческих помещениях значительное влияние оказывает местный климат, сезон года и применяемая система вентиляции и отопления.

Цель работы – обосновать выбор системы вентиляции коровника привязного содержания и режимы ее работы с учетом климата Республики Башкортостан.

Материалы и методы исследования. В работе использовались данные метеорологических наблюдений. Поставленная цель решалась с помощью теоретических методов исследования.

Результаты исследований. На выбор системы вентиляции оказывает определяющее влияние климат региона. Как показывает анализ климата Башкирии последних 10 лет [3, 4], среднемесячная температура изменяется в течение года от -14°C до $+20^{\circ}\text{C}$. Значительная вариация температур не только в течение года, но и в течение суток создает нестабильные условия для обеспечения оптимального микроклимата животноводческих помещений (рисунки 1, 2).

Несмотря на то, что за последние 20–30 лет зимы в Башкирии стали значительно мягче, в среднем за год насчитывается 18 суток с температурой ниже -20°C и 61 сутки – с температу-

рой ниже -10°C (рисунок 1). Заметим, что зимой в большинстве районов Башкирии, особенно северных, отмечаются температуры на $5\text{--}10$ градусов ниже, чем в г. Уфе [3]. В связи с этим в течение

более двух месяцев в году возникает проблема поддержания теплового баланса животноводческого помещения при условии обеспечения требуемого воздухообмена.

Рисунок 1
Зависимость продуктивности коров от температуры окружающего воздуха [12]

Рисунок 2
Гистограмма распределения среднесуточных температур наружного воздуха в пригороде г. Уфы за период 2005–2014 гг. (по данным метеостанции 28722)

Опыт эксплуатации естественной вентиляции показал, что она способна обеспечить оптимальные параметры микроклимата в коровнике при температуре наружного воздуха, не ниже $-5\text{--}10^{\circ}\text{C}$. В случае большего похолодания необходимо снижать воздухообмен с целью недопущения снижения температуры в помещении ниже критических значений. Эти значения, как

правило, составляют до $-10\text{--}15^{\circ}\text{C}$ в коровниках с беспривязным содержанием и до $+5^{\circ}\text{C}$ с привязным содержанием, что определяется имеющимся оборудованием доения, навозоудаления, поения. Снижение воздухообмена приводит к повышенной загазованности и относительной влажности воздуха, зачастую достигающей 100 % [5, 6, 7, 8, 9]. Однако и в переходные пе-

риоды года приточно-вытяжные установки естественной вентиляции зачастую не обеспечивают требуемого воздухообмена из-за незначительной разницы температур наружного и внутреннего воздуха [10].

Альтернативой естественной вентиляции могла бы стать традиционная принудительная система вентиляции с подогревом приточного воздуха, однако она сопряжена с большими затратами энергии на отопление коровника [3]. Так, например, для коровника на 200 голов с удельной тепловой характеристикой $0,416 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$ требуется для поддержания в помещении относительной влажности 72 % и 10°C при температуре наружного воздуха -15°C мощность системы отопления около 57 кВт, а при температуре -30°C – более 140 кВт. В условиях настоящих экономических реалий такие затраты на обогрев помещений, конечно, никто позволить не может.

Снижение потребной мощности системы отопления коровника и даже ее полное исключение возможно применением энергосберегающей принудительной системы вентиляции, в качестве которой может служить система, основанная на методе конденсации избыточной влаги из воздуха [10]. Такая система способна, с одной стороны, снизить потребный воздухообмен в холодные периоды года за счет осушки воздуха внутри помещения, а значит и теплотери, связанные с вентиляцией, а с другой стороны – обеспечить дополнительный приток тепла благодаря теплоте фазового перехода при конденсации водяных паров.

Принцип работы конденсационного теплообменника заключается в том, что холодный приточный воздух направляется внутрь теплообменных элементов, а теплый и влажный воздух внутри помещения омывает их снаружи, что сопровождается конденсацией водяных паров и выделением теплоты фазового превращения.

Расчеты, произведенные на примере коровника привязного содержания на 200 голов, показали, что при условии сохранения требуемого воздухообмена, рассчитанного по углекислому газу, и температуре наружного воздуха -15°C за счет применения конденсационных теплообменников потребная мощность системы отопления снижается с 57 до 21 кВт, а при температуре наружного воздуха -30°C – от 140 до 125 кВт. То есть эффективность работы конденсационных теплообменников значительно снижается с понижением температуры наружного воздуха. Это объясняется тем, что с понижением наружной температуры уменьшается потребный воздухообмен, рассчитанный по влаге, и потребность в конденсации водяных паров снижается.

Так или иначе, в случае поддержания воздухообмена на уровне, обеспечивающем норму по загазованности помещения, требуется большая мощность системы отопления. Эту мощность можно значительно снизить или даже исключить, если уменьшить воздухообмен, так как основные потери тепла в зимнее время связаны именно с общеобменной вентиляцией коровника. Естественно, что при этом будет иметь место превышение ПДК по углекислому газу.

Графики, представленные на рисунке 3, свидетельствуют, что при поддержании в коровнике температуры 10°C и относительной влажности 72 % без отопительных приборов и изменений наружной температуры от -3°C до -35°C потребная производительность конденсационного осушителя возрастает от 0 до 56,8 кг/ч воды, а потребный воздухообмен, обеспечивающий влаготепловой баланс помещения, снижается, и при температуре -35°C составляет 5050 кг/ч. В случае работы вентиляционной системы в таком режиме концентрация углекислого газа при наружной температуре выше -12°C ниже нормы, с понижением наружной температуры повышается, при -20°C не многим более превышает ПДК в 1,4 раза, а при -35°C – в 2,68 раз.

Отсюда следует, что предложенный режим работы вентиляционной системы с применением конденсационных теплообменников наряду с такими важными преимуществами, как обеспечение в коровнике привязного содержания в течение всего зимнего периода положительной температуры не ниже 10°C и относительной влажности воздуха на уровне 72 %, имеет существенный недостаток, заключающийся в повышенной загазованности помещения при сильных морозах. Однако следует заметить, что вредные газы, присутствующие в воздухе, способны к растворению в воде (в нашем случае в конденсате), причем их растворимость повышается с понижением температуры. Поэтому в случае применения конденсационных теплообменников следует ожидать концентрации вредных веществ в воздухе ниже рассчитанных по условию воздухообмена. Особенно это относится к аммиаку, который отличается хорошей растворимостью в воде. Вопрос снижения концентрации вредных веществ в воздухе коровника в случае применения конденсационных теплообменников требует дополнительных исследований.

Следует также отметить, что для Башкирии продолжительность работы предложенной вентиляционной системы и режима ее работы в условиях неблагоприятной погоды с температурой воздуха ниже -20°C в среднем за год составляет 18 суток, что является на практике вполне приемлемым.

Рисунок 3

Графики изменения среднесуточных температур наружного воздуха в окрестностях г. Уфы
с 1 ноября по 31 марта за четыре года

Рисунок 4

Влияние наружной температуры воздуха на производительность осушителя воздуха, кг/ч (кривая 1), воздухообмен, кг/ч $\times 10^{-3}$ (кривая 2), превышение ПДК по углекислому газу, $\times 10$ (кривая 3)

Выводы. Энергосберегающая система вентиляции с применением конденсационных теплообменников в отсутствие системы отопления способна обеспечить оптимальные параметры микроклимата в коровнике привязного содержа-

ния при температуре наружного воздуха не ниже -20 °C. При более низких температурах благодаря этой системе обеспечивается влаготепловой баланс помещения при некотором превышении ПДК по углекислому газу.

Библиографический список

1. Топчий, Д.Н. Сельскохозяйственные здания и сооружения [Текст] / Д.Н. Топчий, В.А. Бондарь, О.Б. Кошлатый и др. 4-е изд., перераб. и доп. М.: ВО «Агропромиздат», 1985. 480 с.
2. Кузнецов, А.Ф. Гигиена сельскохозяйственных животных: в 2 кн. [Текст] / [А.Ф. Кузнецов и др.]; под ред.: А.Ф. Кузнецова, М.В. Демчука. М.: Агропромиздат, 1991. Кн. 1: Частная зоотехния, 1991. 398 с.
3. Мартынов, В.М. О целесообразности применения принудительной вентиляции животноводческих помещений для условий Башкирии [Текст] / В.М. Мартынов, И.Р. Габидуллин // Наука молодых – инновационному развитию АПК: материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых

(8 декабря 2015 г.). Часть II. Уфа: Башкирский ГАУ, 2015. С. 53–58.

4. Мартынов, В.М. Обоснование тепловой защиты коровника [Текст] / В.М. Мартынов, И.Р. Габидуллин // Инновационные подходы и технологии для повышения эффективности производств в условиях глобальной конкуренции: Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти член-корреспондента КазАСХН, д.т.н., профессора Тулеуова Елемеса Тулеуовича, 2016. С. 486–490.
5. Юхин, Г.П. Использование свето-вентиляционных коньков на молочно-товарных фермах Республики Башкортостан [Текст] / Г.П. Юхин, В.М. Мартынов, А.А. Катков, А.М. Калимуллин // Интеграция науки и практики как механизм эффективного развития

АПК: материалы Международной научно-практической конференции в рамках XXII Международной специализированной выставки «АгроКомплекс-2013». Часть II. Уфа: Башкирский ГАУ, 2013. С. 99–101.

6. Юхин, Г.П. Значение технологического аудита для технического переоснащения молочно-товарных ферм Республики Башкортостан [Текст] / Г.П. Юхин, В.М. Мартынов, А.А. Катков, А.М. Калимуллин // Отопление. Водоснабжение. Кондиционирование: материалы Междунар. научно-практической конференции, проводимой в рамках XVII специализированной выставки. Уфа: Башкирский ГАУ, 2013. С. 43–45.

7. Юхин, Г.П. Участие кафедры ТОЖПП в реализации целевой программы «500 ферм» Республики Башкортостан [Текст] / Г.П. Юхин, В.М. Мартынов, А.А. Катков, А.М. Калимуллин // Перспективы инновационного развития АПК: материалы Междунар. науч.-практ. конф. в рамках XXIV Международной специализированной выставки «Агрокомплекс-2014». Уфа: Башкирский ГАУ, 2014. С. 100–103.

8. Юхин, Г.П. Требования к планировке коровника с беспривязно-боксовым способом содержания [Текст] / Г.П. Юхин, А.А. Катков, В.М. Мартынов // Инновационному развитию агропромышленного комплекса – научное обеспечение: материалы междунар. науч.-практ.

конф. в рамках XXII Междунар. специализированной выст. «АгроКомплекс-2012». Ч. II. Уфа: Башкирский ГАУ, 2012. С. 59–62.

9. Юхин, Г.П. Обеспечение рекомендуемых параметров микроклимата в реконструируемых коровниках Республики Башкортостан [Текст] / Г.П. Юхин, В.М. Мартынов, А.М. Калимуллин, А.А. Катков, Н.Ю. Бибаев // Инновационные подходы и технологии для повышения эффективности производств в условиях глобальной конкуренции: международная научно-практическая конференция, посвященная памяти член-корреспондента КазАСХН, д.т.н., профессора Тулеуова Елемеса Тулеуовича, 2016. С. 572–574.

10. Лумбунов, С.Г. Микроклимат животноводческих помещений в условиях Забайкалья [Текст]: учебное пособие / С.Г. Лумбунов, К.В. Лузбаев, С.Б. Ешижамсоева; ФГОУ ВПО «БГСХА им. В.Р.Филиппова». Улан-Удэ: Изд-во БГСХА им. В.Р. Филиппова, 2008. 149 с.

11. Graves, R. Emeritus Natural Ventilation for Dairy Tie Stall Barns / Robert Graves // Virginia Cooperative Extension, Pennsylvania State University.

12. Systems of Cooling. Bauer Technics Group. [Электронный ресурс]. <http://www.microclimatesystems.com/en/systems-of-cooling> (дата обращения 05.10.2017).

Сведения об авторах

1. **Мартынов Владимир Михайлович**, доктор технических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности и технологического оборудования, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, e-mail: m_w_m@mail.ru.

2. **Катков Алексей Анатольевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности и технологического оборудования, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, e-mail: ak1409@mail.ru.

3. **Хамматов Расул Анварович**, инженер, соискатель кафедры безопасности жизнедеятельности и технологического оборудования, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, e-mail: hr11@mail.ru.

Проведён анализ вентиляционных систем животноводческих помещений, применимых для климатических условий Башкирии, с позиций эффективности их работы и снижения энер-

гозатрат. Обоснован выбор энергосберегающей системы вентиляции с применением конденсационных теплообменников и режимов ее работы.

V. Martynov, A. Katkov, R. Khammatov

SELECTING BARN VENTILATION SYSTEM TAKING INTO ACCOUNT THE CLIMATIC CONDITIONS

Keywords: barn; microclimate; ventilation; temperature; air; heat.

Authors' personal details

1. **Martynov Vladimir**, Doctor of technical sciences, associate professor of the Department of safety of life activity and technological equipment, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University». Ufa, 50-letiya Otyabrya str., 34, e-mail: m_w_m@mail.ru.

2. **Katkov Alexey**, Candidate of technical sciences, associate professor of the Department of safety of life activity and technological equipment, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», e-mail: ak1409@mail.ru.

3. **Khammatov Rasul**, engineer, competitor of the Department of life safety and technological equipment, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», e-mail: hr11@mail.ru.

The analyses of the ventilation systems of livestock buildings are applicable to the climatic conditions of Bashkiria from the standpoint of their effi-

ciency and reduce energy costs. The choice of energy-efficient systems we ventilation with condensation heat exchangers and its mode of operation.

© Мартынов В.М., Катков А.А., Хамматов Р.А.