

**УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ
ВОДОИСПАРИТЕЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ КОРОВНИКОВ**
И.Е. Кольчик

Реферат. Исследования проводили с целью решения проблемы повышенных температур воздуха в животноводческих помещениях в жаркий период года. Максимальная интенсивность испарения влаги с поверхности образца, обдуваемого воздушными потоками разной скорости и направления, достигается при попеременном воздействии потока с противоположных направлений. В качестве средств создания комфортного микроклимата, способных обеспечить изменение направления воздушных потоков в коровниках наиболее целесообразно рассматривать совместное использование разгонных осевых вентиляторов, устанавливаемых вдоль всего помещения и мелкодисперсное распыление воды, что дает значительный (до 11 °С) охлаждающий эффект. Разработанные устройства побуждения воздухообмена и кондиционирования воздуха для животноводческих ферм обладают конструктивными особенностями, которые позволяют изменять направление нагнетаемого вентиляторами воздушного потока на 180°, что обеспечивает нестационарный режим вентиляции, предотвращающий образование застойных зон в воздушном объеме помещения, повышающий ассимиляционную способность воздуха и улучшающий его качественные показатели. Направление воздушного потока задается при помощи реверсивного электромагнитного пускателя, либо системы тросов и противовесов. При этом охлаждение воздушного потока с использованием мелкодисперсного распыления воды осуществляется с учетом направления его перемещения и регулируется блоком управления. Изменение направления воздушного потока на противоположное обеспечивает также увеличение площади поверхности тел животных, имеющей контакт с потоком, и, как следствие, увеличение охлаждающего эффекта. Применение предлагаемых разработок позволит сделать микроклимат в летний период более комфортным для животных, что позитивно отразится на их продуктивности.

Ключевые слова: коровник, микроклимат, мелкодисперсное распыление воды, осевой вентилятор, тепловой стресс.

Введение. По наблюдениям ФГБУ «Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля» среднегодовая температура на территории РФ повысилась с 1980 г. по 2020 г. на 2 °С и тенденция ее роста в ближайшем будущем не изменится [1]. Продолжает увеличиваться и количество экстремально жарких дней в летний период. Особенно остро проблема высоких температур воздуха стоит в южных регионах страны. Так, в Краснодарском крае на протяжении последних 5 лет зафиксировано 499 случаев с дневной температурой воздуха более 26 °С и 54 раза она превышала 35 °С. При таких температурах без системы охлаждения в помещении гарантировано возникновение теплового стресса у животных, и, как следствие, снижение удоев молока, падение рождаемости и выживаемости телят [2, 3].

Решение проблем, связанных с тепловым стрессом у животных, принято искать в интенсификации воздухообмена в помещении. Среди известных технических решений, которые позволяют увеличить интенсивность обдува животных потоком воздуха в жаркий период наиболее популярно использование регуляторов частоты вращения лопастей вентиляторов. Чем выше производительность вентилятора, тем быстрее будет происходить процесс испарения. Применение поворотного устройства для осевых вентиляторов обеспечивает увеличение интенсивно «продуваемого» объема в коровнике. Однако при этом далеко не всегда удается достичь комфортных условий содержания в жаркий период, так как имеются

ограничения по скорости воздушных потоков. В таком случае требуются дополнительные средства охлаждения, в частности, системы с адиабатическим увлажнением воздушного потока [4, 5]. Среди них высокую глубину охлаждения воздушной струи обеспечивает система мелкодисперсного распыления воды, устанавливаемая на разгонных вентиляторах с производительностью 25000...45000 м³/ч. Так, при температуре воздуха 40 °С и относительной влажности воздуха 20 % глубина охлаждения составляет 11 °С [5]. Интенсивного охлаждения самого животного можно достичь при испарении распыленной воды непосредственно с его кожного покрова [6, 7].

Основная часть применяемых сегодня систем кондиционирования не обладает достаточной вариативностью выбора режимов, которые учитывали бы изменяющиеся температурные условия в помещении фермы. Таким образом, разработка и усовершенствование систем кондиционирования воздуха в животноводческих помещениях на основе мелкодисперсного распыления воды и принудительно создаваемых воздушных потоков в условиях климатического потепления остаются актуальными.

Цель исследований – разработка и обоснование оптимальных технических решений по усовершенствованию системы кондиционирования для коровников с использованием мелкодисперсного распыления воды и осевых вентиляторов.

Условия, материалы и методы. Обоснование технических решений для системы

кондиционирования, требующих усовершенствования, осуществляли с использованием действующих ведомственных норм технологического проектирования коровников, отечественного и зарубежного опыта создания систем водоиспарительного охлаждения, статистических данных о климатических показателях в летний период в южных регионах страны, технологических данных о влиянии

температуры воздуха на продуктивность коров. Для определения наиболее эффективного режима работы осевых вентиляторов совместно с системой мелкодисперсного распыления воды с возможностью интенсификации охлаждения животных в жаркий период путем испарения влаги с кожных покровов были выполнены исследования на экспериментальной установке (рис. 1).

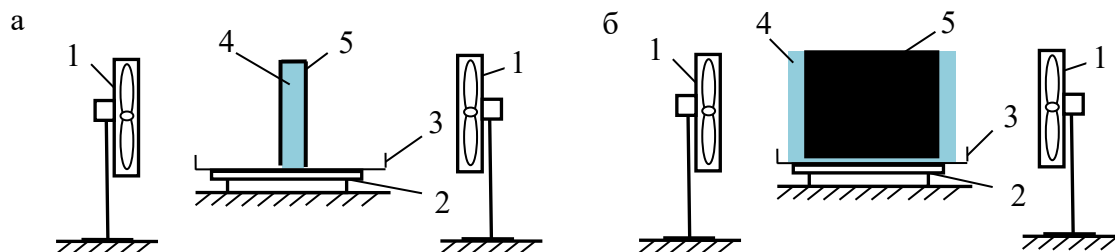


Рис. 1 - Схема экспериментальной установки: а) с расположением образца перпендикулярно направлению воздушных потоков; б) с расположением образца параллельно направлению воздушных потоков; 1 – осевой вентилятор; 2 – электронные весы; 3 – поддон; 4 – деревянный каркас; 5 – тканевый образец

Экспериментальная установка состоит из электронных весов, на которых размещен пластиковый поддон. В поддон установлен деревянный каркас, на котором закреплен объект исследований – отрез хлопчатобумажной ткани плотностью 200 г/м² размером 100×100 см. С двух противоположных сторон от весов установлены осевые вентиляторы Polaris PSF 1240, которые одновременно, либо поочередно (в зависимости от конкретной программы исследования) создают воздушный поток, направленный на исследуемый образец. Перед измерениями ткань взвешивали в сухом состоянии, а также устанавливали массу поддона и деревянного каркаса. Затем ткань смачивали, отжимали, чтобы удалить лишнюю воду и закрепляли на каркасе. В ряде опытов каркас устанавливали перпендикулярно воздушному потоку (рис. 1 а), в других – параллельно (рис. 1 б), моделируя тем самым положение животного относительно воздушных потоков в коровнике. В процессе испарения влаги с образца фиксировали изменение его массы. Каждую следующую серию измерений начинали со смачивания образца, с доведением его массы до такого же значения, как и в предыдущем опыте.

Для измерения и регистрации необходимых данных (скорость воздуха, температура окружающей среды, масса образца, относительная влажность окружающей среды, атмосферное давление) использовали следующее оборудование и измерительные инструменты:

линейные размеры – рулетка 10 м с ценой деления 1 мм;

температура и влажность воздуха – прибор ИВТМ-7;

скорость движения воздуха – термоанемометр ТТМ-2/4-06;

масса образца – электронные весы DIGI SM-100.

Эксперименты проводили в следующих условиях: температура окружающего воздуха – 29 °С; атмосферное давление – 749 мм рт.ст.; относительная влажность воздуха – 43 %; температура воды, которой пропитывали образец, – 27 °С; скорость воздуха, создаваемая вентиляторами – 1 м/с и 2 м/с.

По результатам измерений были построены графики изменения относительной массы воды в образце, расположенном перпендикулярно направлению воздушных потоков, от времени воздействия воздушных потоков при одностороннем обдуве образца потоком воздуха со скоростью 1 м/с постоянного направления (работает один вентилятор, второй отключен), при одностороннем обдуве образца потоком воздуха со скоростью 1 м/с переменного направления (достигается путем поочередного включения и выключения вентиляторов), при двустороннем обдуве образца потоками воздуха со скоростью 1 м/с встречных направлений (одновременная работа двух вентиляторов, каждый из которых выдает поток воздуха со скоростью 1 м/с) и при отсутствии воздушных потоков (оба вентилятора отключены). Аналогично построены графики изменения относительной массы воды для случая параллельного расположения образца направлению воздушных потоков от времени их воздействия.

Исследовали потерю массы образцом при одностороннем обдуве потоком воздуха со скоростью 1 м/с и 2 м/с постоянного направления (работает один вентилятор, второй отключен), при двустороннем обдуве образца потоками воздуха со скоростью 1 м/с встречного направления (одновременная работа двух вентиляторов, каждый из которых

выдает поток воздуха со скоростью 1 м/с) и при отсутствии воздушных потоков (оба вентилятора отключены).

Результаты и обсуждение. Анализ графиков изменения относительной массы воды в образце, расположенном перпендикулярно направлению воздушных потоков, в зависимости от времени их воздействия при скорости потока 1 м/с (рис. 2) свидетельствует, что испарение 50 % влаги из образца при одностороннем обдуве постоянного направления происходит быстрее, чем при отсутствии воздушных потоков, в 1,6 раза, при двустороннем постоянном обдуве встречными потоками –

в 1,9 раза, при одностороннем обдуве переменного направления – в 2,2 раза.

Причем, если для вариантов одностороннего обдува переменного направления и двустороннего обдува потоками встречных направлений это соотношение остается неизменным и при потере образцом 80 % влаги, то для варианта одностороннего обдува постоянного направления оно снижается до 1,2 раз, и объясняется это тем, что на конечном этапе измерений испарение для такого режима обдува происходит, преимущественно, с тыльной части образца, не подверженной воздействию воздушных потоков.

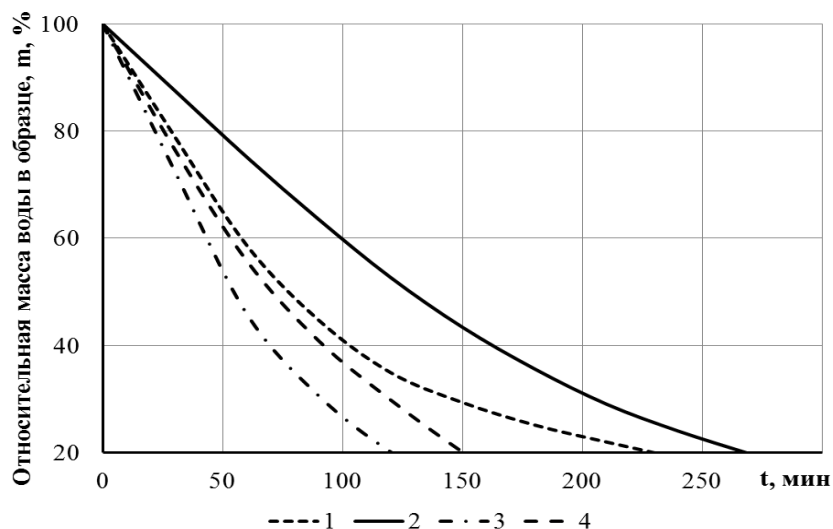


Рис. 2 - Изменение относительной массы воды в образце, расположенном перпендикулярно направлению воздушных потоков в зависимости от времени воздействия воздушных потоков при их скорости 1 м/с: 1 – односторонний постоянного направления; 2 – без воздействия воздушных потоков; 3 – односторонний переменного направления; 4 – двусторонний встречного направления.

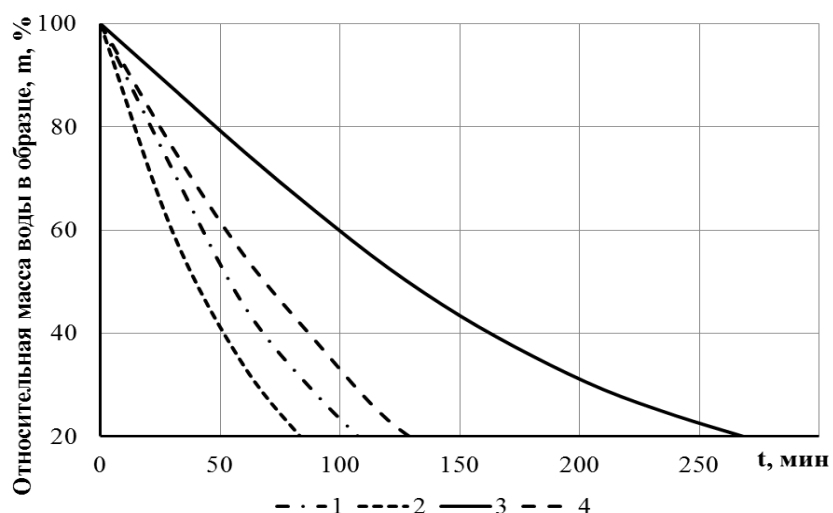


Рис. 3 - Изменение относительной массы воды в образце, расположенном параллельно направлению воздушных потоков от времени их воздействия: 1 – односторонний обдув образца потоком воздуха со скоростью 1 м/с постоянного направления; 2 – односторонний обдув образца потоком воздуха со скоростью 2 м/с постоянного направления; 3 – без воздействия воздушных потоков; 4 – двусторонний обдув образца потоками воздуха со скоростью 1 м/с встречного направления

Это свидетельствует о целесообразности использования в коровниках воздушных потоков переменного направления, чтобы периодическому их воздействию подвергалась как можно большая площадь кожного покрова животного.

При расположении образца параллельно направлению воздушных потоков (рис. 3) испарение 50 % влаги при двустороннем постоянном обдуве встречными потоками со скоростью 1 м/с происходит быстрее, чем при отсутствии воздушных потоков, в 1,9 раза, при одностороннем постоянном обдуве со скоростью 1 м/с – в 2,4 раза, при одностороннем обдуве со скоростью 2 м/с – в 3,3 раза.

Таким образом, можно сделать вывод, что повысить интенсивность испарения влаги с кожных покровов животных можно путем либо увеличения скорости воздушного потока, либо использования специального режима работы вентиляторов, предусматривающего периодическое изменение направления потока на 180°. Также установлено, что встречные воздушные потоки выступают антагонистами и замедляют один другой, что снижает интенсивность испарения влаги.

Основываясь на полученных результатах, было разработано устройство побуждения воздухообмена и кондиционирования для животноводческих ферм (рис. 4), основу которого составляют осевые вентиляторы,

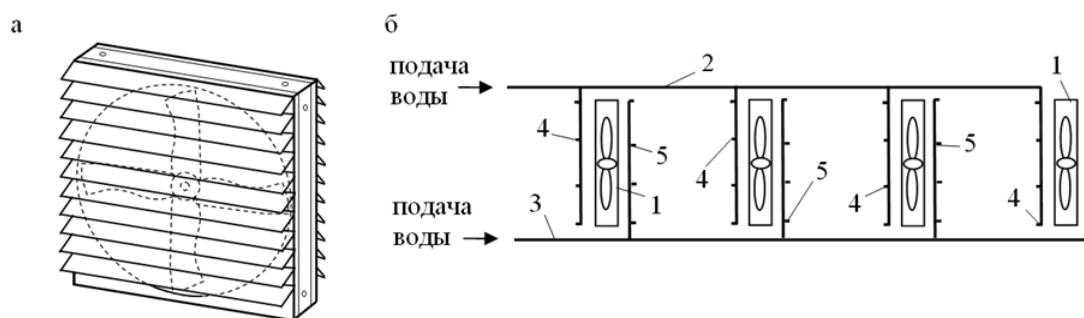


Рис. 4 - Схема устройства побуждения воздухообмена и кондиционирования для животноводческих ферм: а) общий вид вентилятора с направляющими жалюзи; б) схема взаимного расположения вентиляторов и распыляющих форсунок (вид сверху); 1 – осевые вентиляторы; 2, 3 – ветки водопровода высокого давления; 4, 5 – группы распылительных форсунок веток водопровода 2 и 3 соответственно

В переходные периоды года и в холодный период мелкодисперсное распыление воды не проводится, а работают только осевые вентиляторы.

Направляющие жалюзи при этом устанавливаются в горизонтальное положение.

В еще одном разработанном устройстве побуждения воздухообмена и кондиционирования для животноводческих ферм было реализовано техническое решение, позволяющее изменять направление движения воздушного потока на 180° и не останавливать при этом вентиляторы для последующего запуска их в реверсивном режиме [9, 10, 11].

Такое устройство обладает возможностью

устанавливаемые в вертикальном положении в ряд над зонами содержания животных и система мелкодисперсного распыления воды, обеспечивающая возможность распыления воды поочередно в обе стороны от вентилятора. Для обеспечения изменения направления воздушного потока на противоположное, ряд вентиляторов снабжается реверсивным электромагнитным пускателем, работа которого согласуется с использованием блока управления с работой электромагнитных клапанов, устанавливаемых на трубопроводах подачи воды к распылительным форсункам [8]. Таким образом, распыление воды происходит всегда с той стороны от вентилятора, куда нагнетается воздушный поток.

Как известно, скорость воздушного потока с удалением от вентилятора падает, одновременно снижается и его охлаждающий эффект. При неизменном направлении воздушного потока участок между двумя соседними вентиляторами имеет неравномерную картину распределения его скоростей. Периодическое изменение направления воздушного потока решает эту проблему.

Вертикальное расположение осевых вентиляторов позволяет не только эффективно чередовать нормальный и реверсивный режимы работы, но и регулировать угол нагнетания потока относительно горизонтали при использовании направляющих жалюзи.

еще более глубокого охлаждения воздушной струи благодаря использованию противотока жидкой и газовой фаз и способно обеспечить выдачу воздушного потока в любом направлении (рис. 5).

Устройство включает в себя установленные в ряд над зонами содержания животных осевые вентиляторы с вертикальным расположением оси вращения лопастей. Вентиляторы помещены в корпуса из стеклопластика. Каждый корпус оборудован свободно вращающейся вокруг оси вентилятора корпусной деталью, выполненной в форме усеченного под углом 60° цилиндра, снабженной направляющими воздушного потока.

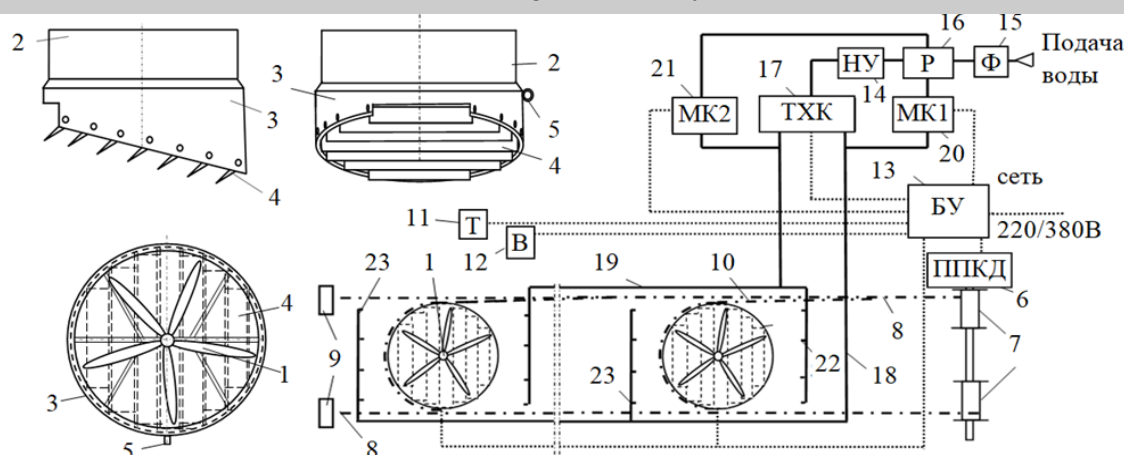


Рис. 5 - Схема устройства побуждения воздухообмена и кондиционирования для животноводческих ферм (вид сверху): 1 – осевые вентиляторы; 2 – корпус вентилятора; 3 – вращающаяся корпусная деталь; 4 – направляющие для воздушного потока; 5 – поворотное кольцо; 6 – электропривод поворота корпусных деталей с редуктором; 7 – навивочные барабаны; 8 – магистральные тросы; 9 – противовесы; 10 – соединительные тросы; 11 – датчик температуры; 12 – датчик влажности; 13 – блок управления; 14 – насосная установка; 15 – фильтр для очистки воды; 16 – резервуар для воды; 17 – трехходовой электромагнитный клапан; 18, 19 – ветки водопровода высокого давления; 20, 21 – запорные электромагнитные клапана; 22, 23 – группы распылительных форсунок, подсоединенные к веткам водопровода 19 и 18 соответственно.

Поворот корпусной детали вокруг оси вентилятора осуществляется с использованием электропривода, системы тросов и противовесов. При этом осуществляется поворот одновременно всех корпусных деталей, что меняет направление воздушного потока в помещении на 180°. Система мелкодисперсного распыления воды обеспечивает распыление воды навстречу воздушному потоку. Через трехходовой электромагнитный клапан вода подается в ту ветвь водопровода, форсунки которой обращены соплами к воздушному потоку, действующему в конкретный момент времени. Распылительные форсунки размещаются от вентилятора на расстоянии равном или превышающим протяженность факела распыла воды от форсунки до точки опрокидывания факела воздушным потоком вентилятора. Распыление воды выполняется по циклическому алгоритму. Продолжительность цикла распыления определяет блок управления на основании показаний датчиков температуры и влажности воздуха. Общую координацию процессов, выполняемых отдельными элементами устройства также осуществляет блок управления. Разработанные технические решения, благодаря формированию нестационарных воздушных потоков, предотвращают образование застойных зон во всем объеме помещения, способствуют увеличению площади кожных покровов

животных, имеющих контакт с воздушным потоком, что увеличивает охлаждающий эффект. Распыление воды навстречу воздушному потоку приводит к более интенсивному его охлаждению. Использование таких разработок позволит сделать микроклимат помещений еще более комфортным для животных в жаркий период, что позитивно отразится на их продуктивности.

Выводы. Опытным путем подтверждено, что повысить интенсивность испарения влаги с кожных покровов животных можно либо путем увеличения скорости воздушного потока, либо за счет специального режима работы вентиляторов, предусматривающего периодическое изменение направления потока на 180°.

Также установлено, что встречные воздушные потоки служат антагонистами и замедляют один другой, что снижает интенсивность испарения влаги. На основании полученных результатов разработаны технические решения по усовершенствованию системы водоиспарительного охлаждения коровников, предусматривающие создание воздушного потока переменного направления со встречным взаимодействием в нем жидкой и газовой фаз, что позволяет более интенсивно снижать температуру воздуха в коровниках в жаркий период.

Литература

1. WEB-сайт ФГБУ «Институт глобального климата и экологии» URL: http://climatechange.igce.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=34&Itemid=55&lang=ru (дата обращения: 13.08.2022).
2. Вторый В.Ф., Вторый С.В. Информационная модель влияния теплового стресса на молочную продуктивность коров // Аграрный научный журнал. 2022. № 2. С. 69-72. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i2pp69-72>.
3. Влияние различных стресс-факторов на воспроизводительную способность голштинизированных коров / Абилов А.И. и др. // Зоотехния. 2015. № 11. С. 21 – 24.
4. Mylostyvyi R.V., Sejian V. Welfare of dairy cattle in conditions of global climate change // Theoretical and Applied Veterinary Medicine. 2019. Vol. 7(1). P. 47–55. doi: 10.32819/2019.71009.

5. St-Pierre N.R., Cobanov B., Schnitkey G. Economic losses from heat stress by us livestock industries // Journal of Dairy Science. 2003. Vol. 86. P. 52 – 77.
6. Устройство местной принудительной вентиляции коровника для теплого времени года / Иванов Ю.Г. и др. // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина" 2016. №3(73). С. 23-28.
7. Новиков Н.Н. Расчет систем водоиспарительного охлаждения в животноводстве // Техника и оборудование для села. 2020. № 11. С. 35-38.
8. Terrell M.E., Marks F.G. Livestock cooling fan system // Патент США US8585361B1. 19.11.2013.
9. Иванов Ю.Г., Борulyко В.Г., Понизовкин Д.А. Методы и технические средства снижения тепловых стрессов коров в теплый период времени // British journal of innovation in science and technology. 2017. Vol. 2. No. 2. С. 41-52.
10. Новиков Н.Н., Кольчик И.Е. Устройство побуждения воздухообмена и кондиционирования для животноводческих ферм // Патент на изобретение РФ RU2744179С1. Оpub. 03.03.2021. Бюл. № 7.
11. Новиков Н.Н., Кольчик И.Е. Устройство побуждения воздухообмена и кондиционирования для животноводческих ферм с противотоком жидкой и газовой фаз // Патент на изобретение РФ RU2775019С1. Оpub. 27.06.2022. Бюл. № 18.

Сведения об авторе:

Кольчик Иван Евгеньевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, e-mail:kolchik.ivan@bk.ru
Институт механизации животноводства – филиал ФНАЦ ВИМ, г. Москва, Россия.

**IMPROVEMENT OF THE WATER EVAPORATION COOLING SYSTEM OF THE BARN
I.E. Kolchik**

Abstract. The research was carried out in order to solve the problem of elevated air temperatures in livestock buildings during the hot season. The maximum intensity of moisture evaporation from the surface of the sample, blown by air flows of different speeds and directions, is achieved with the alternating action of the flow from opposite directions. As a means of creating a comfortable microclimate that can provide a change in the direction of air flows in barns, it is most advisable to consider the joint use of accelerating axial fans installed along the entire room and fine spraying of water, which gives a significant (up to 11°C) cooling effect. The developed devices for inducing air exchange and air conditioning for livestock farms have design features that allow you to change the direction of the air flow injected by the fans by 180 °, which provides a non-stationary ventilation mode that prevents the formation of stagnant zones in the air volume of the room, increases the assimilation capacity of the air and improves its quality indicators. The direction of the air flow is set using a reversible electromagnetic starter, or a system of cables and counterweights. At the same time, the cooling of the air flow using fine water spray is carried out taking into account the direction of its movement and is regulated by the control unit. Changing the direction of the air flow to the opposite also provides an increase in the surface area of the bodies of animals in contact with the flow, and, as a consequence, an increase in the cooling effect. The use of the proposed developments will make the microclimate in the summer more comfortable for animals, which will positively affect their productivity.

Key words: cowshed, microclimate, fine water spray, axial fan, heat stress.

References

1. WEB-site of the Institute for global climate and ecology. [cited 2022, August 13]. Available from: http://climatechange.igce.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=34&Itemid=55&lang=ru.
2. Vtoryi VF, Vtoryi SV. [Information model of the effect of heat stress on the milk productivity of cows]. Agrarnyi nauchnyi zhurnal. 2022; 2. 69-72 p. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i2pp69-72>.
3. Abilov AI. [Influence of various stress factors on the reproductive ability of Holsteinized cows]. Zootekhniya. 2015; 11. 21-24 p.
4. Mylostyvyi RV, Sejian V. Welfare of dairy cattle in conditions of global climate change. Theoretical and applied veterinary medicine. 2019; Vol. 7(1). 47-55 p. doi: 10.32819/2019.71009.
5. St-Pierre NR, Cobanov B, Schnitkey G. Economic losses from heat stress by us livestock industries. Journal of dairy science. 2003; Vol.86. 52-77 p.
6. Ivanov YuG. [The device of local forced ventilation of the cowshed for the warm season]. Vestnik Federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshogo professional'nogo obrazovaniya "Moskovskii gosudarstvennyi agroinzhenernyi universitet imeni V.P.Goryachkina". 2016; 3(73). 23-28 p.
7. Novikov NN. [Calculation of water-evaporative cooling systems in animal husbandry]. Tekhnika i oborudovanie dlya sela. 2020; 11. 35-38 p.
8. Terrell ME, Marks FG. Livestock cooling fan system. Patent SShA US8585361B1. 19.11.2013.
9. Ivanov YuG, Borulyko VG, Ponzovkin DA. [Methods and technical means of reducing cow heat stress in the warm period]. British journal of innovation in science and technology. 2017; Vol.2. 2. 41-52 p.
10. Novikov NN, Kolchik IE. [The device for inducing air exchange and air conditioning for livestock farms]. Patent na izobretenie RF RU2744179S1. Publ. 03.03.2021. Bul. № 7.
11. Novikov NN, Kolchik IE. [Device for inducing air exchange and conditioning for livestock farms with counterflow of liquid and gas phases]. Patent na izobretenie RF RU2775019S1. Publ. 27.06.2022. Bul. № 18.

Author:

Kolchik Ivan Evgenievich – Ph.D. of Technical sciences, senior researcher, e-mail:kolchik.ivan@bk.ru
Institute of Mechanization of Animal Husbandry - branch of the FNAC VIM, Moscow, Russia.