

УДК 631.95: 591.044

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-372-7-116-120

**И.М. Довлатов,
С.С. Юрочка,
Д.А. Благов** ✉

Федеральный научный
агроинженерный центр ВИМ,
Москва, Россия

✉ aspirantyra2013@gmail.com

Поступила в редакцию:
20.04.2023

Одобрена после рецензирования:
01.06.2023

Принята к публикации:
21.06.2023

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-372-7-116-120

**Igor M. Dvlatov,
Sergey S. Yurochka,
Dmitry A. Blagov** ✉

Federal Scientific Agroengineering
Center VIM, Moscow, Russia

✉ aspirantyra2013@gmail.com

Received by the editorial office:
20.04.2023

Accepted in revised:
01.06.2023

Accepted for publication:
21.06.2023

Анализ экспериментальных данных газового состава воздуха на животноводческой ферме

РЕЗЮМЕ

В статье приводятся исследования по концентрации вредных газов и движению воздушных потоков в животноводческом помещении. В связи с тем что сероводород крайне летуч, он хорошо подвержен удалению с помощью вентиляции, из-за этого в районе вытяжки можно наблюдать максимальные пики его концентрации. Для высоты 0,5 м она составила 1,66 мг/м³, для 1,5 м — 1,92 мг/м³, а на высоте 2 м концентрация достигла 1,8 мг/м³. Наибольшее количество углекислого газа локализуется в кормовом проходе. Это обусловлено тем, что животные большую часть времени располагаются по направлению в его сторону, а поскольку скот является главным источником диоксида углерода, так как большее количество выделяется при дыхании, то и основная локализация газа будет непосредственно в кормовом проходе. В области нахождения вентиляции концентрации CO₂ равны 1054 ppm, а в области без вентиляции — 1178 ppm. Установлены максимальные пики локализации аммиака, большинство из них располагаются в районе помещения, в котором находится вентиляционная система. Для высоты 0,5 м она составила 45,4 мг/м³, для 1,5 м — 43,6 мг/м³, а на высоте 2 м концентрация достигла 44,4 мг/м³. У кормового прохода, который ближе к вытяжке, на высотах 0,5 м, 1,5 м и 2 м выявлены концентрации аммиака, равные 27,3 мг/м³, 24,8 мг/м³ и 28,6 мг/м³ соответственно. Над кормовым столом, который находится в части коровника без вентиляции, обнаружены показатели, равные 41,2 мг/м³, 48,7 мг/м³, 22 мг/м³ для высоты 0,5 м, 1,5 м и 2 м соответственно. Исследования показали, что пиковые значения газов находятся в области коровника, в которой располагается вентиляционная система. Также это зависит от свойства газов (более легкий будет быстрее достигать вентиляции).

Ключевые слова: коровы, аммиак, углекислый газ, газоанализатор, воздухообмен, концентрация

Для цитирования: Довлатов И.М., Юрочка С.С., Благов Д.А. Анализ экспериментальных данных газового состава воздуха на животноводческой ферме. *Аграрная наука*. 2023; 372(7): 116–120. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-116-120>

© Довлатов И.М., Юрочка С.С., Благов Д.А.

Analysis of experimental data on the gas composition of air on a livestock farm

ABSTRACT

The article presents studies on the concentration of harmful gases and the movement of air flows in the livestock room. Due to the fact that hydrogen sulfide is extremely volatile, it is well susceptible to removal by ventilation, because of this, maximum peaks of its concentration can be observed in the exhaust area. For a height of 0.5 m, it was 1.66 mg/m³, for 1.5 m — 1.92 mg/m³, and at a height of 2 m, the concentration reached 1.8 mg/m³. The largest amount of carbon dioxide is localized in the feed passage. This is due to the fact that animals most of the time are located in the direction in his direction, and since cattle are the main source of carbon dioxide, since a larger amount is released during respiration, then the main localization of the gas will be directly in the feed passage. In the area of ventilation, CO₂ concentrations are equal to 1054 ppm, and in the area without ventilation — 1178 ppm. The maximum peaks of ammonia localization have been established, most of them are located in the area of the room in which the ventilation system is located. For a height of 0.5 m, it was 45.4 mg/m³, for 1.5 m — 43.6 mg/m³, and at a height of 2 m, the concentration reached 44.4 mg/m³. Ammonia concentrations equal to 27.3 mg/m³, 24.8 mg/m³ and 28.6 mg/m³, respectively, were detected at the aft passage, which is closer to the hood, at heights of 0.5 m, 1.5 m and 2 m. Above the feed table, which is located in the part of the cowshed without ventilation, indicators equal to 41.2 mg/m³, 48.7 mg/m³, 22 mg/m³ were found for a height of 0.5 m, 1.5 m and 2 m, respectively. Studies have shown that the peak values of gases are in the area of the cowshed, in which the ventilation system is located. It also depends on the properties of gases (lighter will reach ventilation faster).

Key words: cows, ammonia, carbon dioxide, gas analyzer, air exchange, concentration

For citation: Dvlatov I.M., Yurochka S.S., Blagov D.A. Analysis of experimental data on the gas composition of air on a livestock farm. *Agrarian science*. 2023; 372(7): 116–120 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-116-120>

© Dvlatov I.M., Yurochka S.S., Blagov D.A.

Введение/Introduction

Важнейшими аспектами животноводства (и скотоводства, в частности) являются мониторинг и контроль показателей параметров микроклимата [1]. Для осуществления данного процесса определены концентрации веществ (ПДК), которые при повседневном контакте¹ в течение длительного времени не вызывают патологических изменений в организме животных [2–4].

На сегодняшний день не существует универсальной методики по определению максимальных точек загазованности, а также отсутствуют методики по определению воздушных потоков. В связи с тем что при большой концентрации того или иного газа у коровы повышается стресс, ухудшается физиологическое состояние (вплоть до летального исхода). Известно, что при отсутствии нормирования потоков в зимний период значительно повышается риск заболеланий у крупного рогатого скота в связи с воздействием низких температур. В летний период не стоит пренебрегать данным аспектом, так как в жару увеличивается риск теплового удара и сухого воздуха в коровнике. Всё это значительно увеличивает стресс у животного и приводит к снижению молочной продуктивности до 35%. Падеж молодняка при несоблюдении вышеизложенных условий может достигать до 35% [5–8].

Цели исследований — разработка методики проведения эксперимента и апробация его на реальном животноводческом объекте с фуражным стадом.

Задачи, решаемые в исследовании:

- анализ современных методик проведения эксперимента по чистоте воздуха в животноводческих помещениях;
- разработка методики проведения исследования с сопроводительно-отчетной документацией;
- проведение исследования и выявление основных концентраций места скопления рассматриваемых газов.

Научная новизна исследования заключается в выявлении мест и высот максимальных величин скопления газов внутри животноводческого помещения. Установлены причины появления таких скопления и даны объяснения наблюдаемых явлений.

Материал и методы исследования / Material and methods

Период проведения исследования — ноябрь 2022 года.

В качестве площадки для проведения исследований по сбору натурных данных был выбран типовой коровник привязного содержания ФГБУ «Опытная станция "Григорьевское"» (Ярославская обл., Ярославский р-н, с. Григорьевское) (рис. 1).

Изучались концентрация газа и движении воздушных потоков вдоль животного и у кормового стола, а также следующие параметры: H_2S (сероводород), mg/m^3 ; NH_3 (аммиак), mg/m^3 ; CO_2 (углекислый газ), mg/m^3 ; скорость движения воздуха, м/с; влажность, %. Для проведения замеров использовалась следующая приборная база: газоанализатор «Геолан-1П» (ООО «Сэфитем», г. Москва, Россия), Testo 400 (Testo SE&Co. KGaA, Германия), включающего комплект с зондом CO_2 , наличие зонда с крыльчаткой и анемометром — анализ скорости движения воздуха и анализ уровня CO_2 . Полученные значения внесены в таблицу 1.

На рисунке 1 представлена трехмерная модель области интереса исследования, а именно часть типового коровника с привязной технологией содержания.

Особенностью области замеров является построенная сеть, которая состоит из 3 высот, 6 точек ширины и 21 точки длины коровника. Данная сеть позволяет выявить области для проведения необходимых замеров. Применение сети облегчает процесс сбора показателей микроклимата в помещении. Анализируя данную сеть, можно предположить, что при разделении всей площади коровника характер протекания тех или иных явлений будет справедлив как в одной его части, так и в другой, что в свою очередь значительно экономит средства, затрачиваемые на сбор данных.

Фото фермы, где проходили исследования по проведению замеров газов, представлены на рисунке 2.

Таблица 1. Форма таблицы для внесения натурных измерений

№ точки, время	Высота точки замера, м	H_2S (сероводород), mg/m^3	NH_3 (аммиак), mg/m^3	CO_2 (углекислый газ), mg/m^3	Скорость движения воздуха, м/с	Влажность, %
1	0,5					
	1,2					
	2,0					
2	0,5					
	1,2					
	2,0					

Рис. 1. Модель молочной фермы: 1 — коровы, 2 — вытяжка, 3 — точки измерений (сетка измерений)

Fig. 1. Dairy farm model: 1 — cows, 2 — hood, 3 — measurement points (measurement grid)

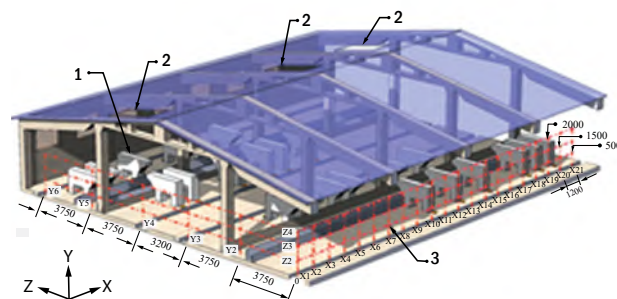


Рис. 2. Общий вид молочной фермы: А — со стороны прохода удаления навоза, Б — со стороны кормового стола

Fig. 2. General view of the dairy farm: A — from the side of the manure removal passage, B — from the side of the feed



¹ Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 21.10.2020 № 622 «Об утверждении Ветеринарных правил содержания крупного рогатого скота в целях его воспроизводства, выращивания и реализации». <https://doi.org/10.37788/2020-4/143-151>

Полученные значения — в таблице 1, далее результаты сверили с допустимыми нормами газов в помещениях сельскохозяйственного назначения, где содержится крупный рогатый скот, по данным СНиП 2.10.03-84², СНиП 41-01-2003³, СНиП II⁴ и СНиП 2.04.05-91⁵.

Проверка параметров микроклимата осуществлялась в три временных промежутка: утром — с 5:00 до 7:00, вечером — с 16:00 до 18:00, ночью — с 23:00 до 1:00.

Сбор числовых параметров (массива данных) микроклимата осуществлялся в указанные временные промежутки (10 измерений), из которых впоследствии выводилось среднее значение по точке и регистрировалось в таблицу.

В соответствии с рекомендациями⁶ был выбран прямой метод измерения, который подразумевает сбор массива данных с помощью измеряемых величин, полученных со шкалы прибора, проградированного в соответствующих единицах измерения. Повторность и время выдержки замера выбраны в соответствии с источником в части нахождения доверительного интервала.

Задача эксперимента — нахождение истинного значения X_0 физической величины, которое может быть найдено, если имеется генеральная совокупность всех значений искомой величины X . Однако в связи с тем, что количество наблюдений в выборке конечно, в опыте находят некоторое приближенное к X_0 значение X , называемое оценкой истинного значения, и указывают интервал, в который истинное значение X_0 попадает с заданной вероятностью P .

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum N_k x_k = \sum P_k x_k, \quad (1)$$

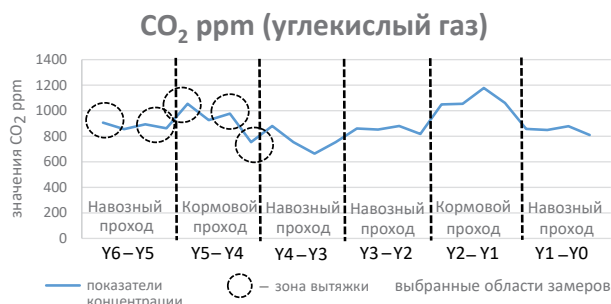
В качестве оценки истинного значения выбрано среднее арифметическое результатов.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Результаты по газовому составу и скоростному напору воздуха подробно отражены на графиках (рис. 3–6). Стоит отметить, что во время эксперимента влажность и температура были условно одинаковыми. Это способствует качественному сбору данных в помещении, что повышает достоверность результатов.

График (рис. 3) построен по средним значениям замеров, произведенных на высоте 500 мм, 1500 мм, 2000 мм.

Рис. 3. Содержание сероводорода
Fig. 3. Hydrogen sulfide content



² СНиП 2.10.03-84 Животноводческие, птицеводческие и звероводческие здания и помещения.

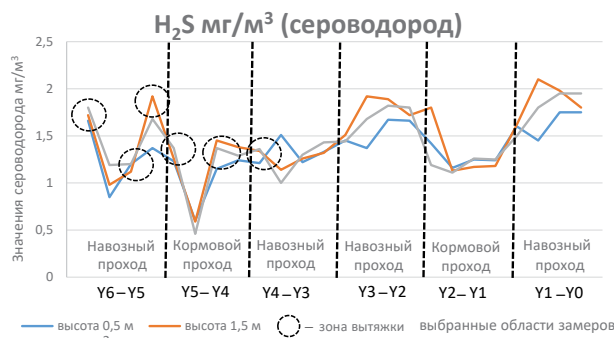
³ СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование. Разработаны Федеральным государственным унитарным предприятием «СантехНИИпроект» при участии Федерального государственного предприятия «Центр методологии нормирования и стандартизации в строительстве» / Приняты и введены в действие 01.01.2004 Постановлением Госстроя России от 26 июня 2003 г. № 115. Москва. 2004; 71.

⁴ СНиП II Генеральные планы сельскохозяйственных предприятий. Утверждены постановлением Государственного комитета Совета Министров СССР по делам строительства от 21 декабря 1976 г. № 219. Москва. 2005; 15.

⁵ СНиП 2.04.05-91 Отопление, вентиляция и кондиционирование.

⁶ Морозов В.В. Методы обработки результатов физического эксперимента / В.В. Морозов, Б.Е. Сobotковский, И.Л. Шейнман. Учебное пособие. СПб.: Издательство СПбГЭТУ. «ЛЭТИ». 2004; 64.

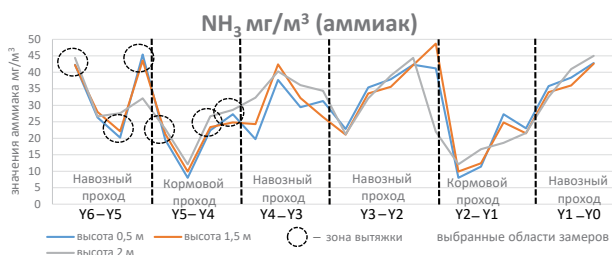
Рис. 4. Содержание углекислого газа
Fig. 4. Carbon dioxide content



Исходя из данных, представленных на графике, можно утверждать, что основная концентрация сероводорода находится над навозным каналом. Явление обуславливается тем, что данный газ образуется в результате гниения и разложения, а среда, формирующаяся в навозном канале, этому способствует крайне благоприятно. В связи с тем что H_2S крайне летуч, он хорошо подвержен удалению с помощью вентиляции, из-за этого в районе вытяжки можно наблюдать максимальные пики его концентрации: для высоты 0,5 м — 1,66 мг/м³, для 1,5 м — 1,92 мг/м³, а на высоте 2 м достигла 1,8 мг/м³. На графике видна еще одна область с пиком максимальной концентрации сероводорода. В данной области не располагается вентиляционная система, вследствие чего наблюдаются скопление и застой газов, что пагубно влияет на физиологическое состояние и молочную продуктивность крупного рогатого скота. Для высоты 0,5 м концентрация составила 1,75 мг/м³, для 1,5 м — 2,1 мг/м³, а на высоте 2 м она достигла 1,95 мг/м³. Также наблюдается его наименьшая концентрация в кормовом проходе, это свидетельствует о том, что корма не залеживаются и не подвергаются гнилостным процессам. Это может говорить о высоком качестве кормов. У кормового прохода, который ближе к вытяжке, на высотах 0,5 м, 1,5 м и 2 м выявлена концентрация, равная 1,24 мг/м³, 1,45 мг/м³ и 1,37 мг/м³ соответственно. Над кормовым столом, который находится в части коровника без вентиляции, установлены значения, равные 1,42 мг/м³, 1,8 мг/м³, 1,26 мг/м³ для высоты 0,5 м, 1,5 м и 2 м соответственно.

График (рис. 4) построен по средним значениям измерений, произведенных на высоте 500 мм, 1500 мм, 2000 мм. Основываясь на данных графика, можно сделать вывод, что наибольшее количество углекислого газа локализуется в кормовом проходе. Это обусловлено тем, что животные большую часть времени располагаются по направлению в его сторону, а поскольку скот является главным источником диоксида углерода, так как большее количество выделяется при дыхании, то и основная локализация газа будет непосредственно в кормовом проходе. Из-за того что вентиляционная система располагается только в одной части здания, существует проблема повышенного содержания CO_2 в районе кормового стола, находящегося в области с отсутствующей вентиляцией. В области нахождения вентиляции концентрация

Рис. 5. Содержание аммиака
Fig. 5. Ammonia content

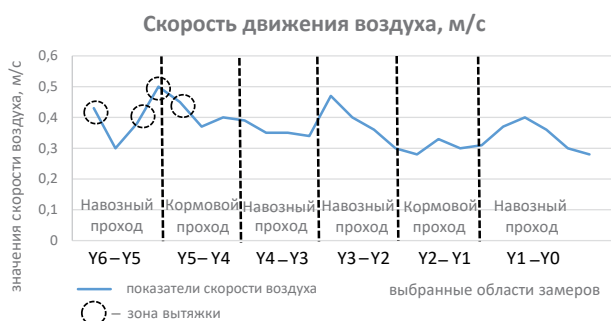


углекислого газа равна 1054 ppm, а в области без вентиляции — 1178 ppm. Данное явление отрицательно влияет на организм животных. Также были зафиксированы пиковые значения концентрации CO_2 в навозных приходах: рядом с вентиляцией — 906 ppm, а в противоположной части коровника — 1178 ppm. Это позволяет утверждать, что газовый состав в части коровника без вентиляции гораздо хуже по сравнению с областью, где располагается вентиляция.

График (рис. 5) построен по средним значениям измерений, произведенных на высоте 500 мм, 1500 мм, 2000 мм. Представленные данные позволяют сделать вывод о высокой концентрации аммиака в навозных проходах. Это обусловлено природой образования данного газа, так как он образуется в результате разложения азотсодержащих веществ (в нашем случае — навозной смеси, находящейся в навозном канале). Также на графике отмечены максимальные пики локализации аммиака, большинство из них располагаются в районе помещения, в котором находится вентиляционная система. Для высоты 0,5 м концентрация составила 45,4 мг/м³, для 1,5 м — 43,6 мг/м³, а на высоте 2 м она достигла 44,4 мг/м³. Это позволяет утверждать, что именно благодаря удалению воздушных масс газ перемещается в систему и впоследствии удаляется. Стоит отметить, что есть область, в которой также наблюдается пик концентрации NH_3 . Это участок помещения, где вентиляционная система отсутствует, вследствие чего там происходит скопление газов и ухудшен воздухообмен. Для высоты 0,5 м концентрация составила 42,8 мг/м³, для 1,5 м — 42,6 мг/м³, а на высоте 2 м она достигла 45 мг/м³. Также наблюдается его наименьшая концентрация в кормовом проходе, это свидетельствует о том, что корма не залеживаются и не подвергаются гнилостным процессам.

У кормового прохода, который ближе к вытяжке, на высотах 0,5 м, 1,5 м и 2 м выявлена концентрация аммиака, равная 27,3 мг/м³, 24,8 мг/м³ и 28,6 мг/м³ соответственно. Над кормовым столом, который находится

Рис. 6. Скорость движения воздуха
Fig. 6. Air speed



в части коровника без вентиляции, обнаружены показатели, равные 41,2 мг/м³, 48,7 мг/м³, 22 мг/м³ для высоты 0,5 м, 1,5 м и 2 м соответственно.

График (рис. 6) построен по средним значениям измерений, произведенных на высоте 500 мм, 1500 мм, 2000 мм. Анализируя график, можно сделать вывод, что максимальный показатель скорости движения воздуха располагается возле вентиляционной системы и составляет 0,5 м/с. Это связано с тем, что вентиляционная система, затягивая воздух из помещения, увеличивает скорость его передвижения в пространстве. Наименьший показатель скорости наблюдается в наиболее отдаленной области, где нет вентиляционной системы. Скорость воздуха — 0,28 м/с.

Недостаточная скорость движения воздушных масс неспособна полностью обеспечить газообмен в помещении содержания, что может привести к снижению продуктивности и ухудшению здоровья животных⁷.

В результате были выявлены максимальные концентрации каждого из газов, информацию о которых собирали. Исследования показали, что пиковые значения газов находятся в области коровника, где располагается вентиляционная система. Также это зависит от свойства газов (более легкий будет быстрее достигать вентиляции).

Сероводород. Максимальные значения были установлены в навозном проходе: для высоты 0,5 м концентрация составила 1,66–1,75 мг/м³, для 1,5 м — 1,92–2,1 мг/м³, а на высоте 2 м она достигла 1,8–1,95 мг/м³.

Наименьшие показатели обнаружены у кормового прохода, который ближе к вытяжке на высотах 0,5 м, 1,5 м и 2 м выявлена концентрация, равная 1,24 мг/м³, 1,45 мг/м³ и 1,37 мг/м³ соответственно.

Углекислый газ. Максимальные значения были установлены в области нахождения вентиляции, где концентрация составляла 1054 ppm (над кормовым столом). В области без вентиляции — 1178 ppm (над кормовым столом). Наименьшие показатели концентрации CO_2 были установлены в навозных приходах: рядом с вентиляцией — 906 ppm, а в противоположной части коровника — 1178 ppm.

Аммиак. Максимальные значения концентрации были установлены для высоты 0,5 м (45,4 мг/м³), для 1,5 м — 43,6 мг/м³, а на высоте 2 м она достигла 44,4 мг/м³ (в области вентиляции). В области без вентиляции для высоты 0,5 м концентрация составила 42,8 мг/м³, для 1,5 м — 42,6 мг/м³, а на высоте 2 м она достигла 45 мг/м³. Наименьшие показатели были выявлены в следующих зонах. У кормового прохода, который ближе к вытяжке, на высотах 0,5 м, 1,5 м и 2 м выявлена концентрация, равная 27,3 мг/м³, 24,8 мг/м³ и 28,6 мг/м³ соответственно. Над кормовым столом, который находится в части коровника без вентиляции, обнаружены показатели, равные 41,2 мг/м³, 48,7 мг/м³, 22 мг/м³ для высоты 0,5 м, 1,5 м и 2 м соответственно.

По скорости движения воздуха собраны следующие данные. Максимальное значение обнаружено возле вентиляции, которое составило 0,5 м/с, в связи с тем что принудительная вентиляция увеличивает скорость движения ближайших воздушных масс. Наименьшая скорость равняется 0,28 м/с — в противоположной части коровника от вентиляционной системы. Связано это с тем, что вентиляционная система не в состоянии воздействовать на отдаленные воздушные массы.

⁷ Федотова А.С. Гигиена воздушной среды животноводческих помещений: учебное пособие. Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет. 2011; 186. EDN:UXZBFF

Выводы/Conclusion

Наибольшая концентрация аммиака зарегистрирована в области без вентиляции на высоте 2 м — 45 мг/м³ (в области навозного прохода), так как основными источниками данного газа являются отходы жизнедеятельности скота. Газ образуется в результате разложения данных отходов и выделения газов желудочно-кишечного тракта. Наивысшие значения сероводорода обнаружены на высоте 2 м (над навозным проходом), концентрация достигла 1,95 мг/м³. Это связано с тем, что H₂S образуется в результате гниения и разложения органических веществ, которыми являются каловые массы и моча, выделяемые животными. Максимальная концентрация углекислого газа локализуется в области кормового

стола со значением 1178 ppm. Основным источником этого газа — дыхательная система, то есть само животное. За счет того, что большую часть времени ротовая полость животного направлена в сторону еды, повышенная концентрация выдыхаемого диоксида углерода будет над кормовым столом. Также было замечено и объяснено выше, что повышенная концентрация наблюдалась в районе нахождения вентиляционной системы и ее отсутствия. Вызвано это тем, что в первом случае в систему осуществляется поступление воздушных потоков, а следовательно, и исследуемых газов, во втором случае это объясняется застоем воздушных масс и, как следствие, скоплением газа в области.

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. Щербakov П.Н., Степанова К.В., Бурков П.В., Ребезов М.Б., Шнякина Т.Н., Барзанова Е.Н. Механизм подавления синтеза токсичных газов и опосредованное их влияние на жизненные показатели организма животных при адаптивных технологиях выращивания. *Аграрная наука*. 2023; (2): 49–53. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-367-2-49-53>
2. Kostarev S., Kochetova O., Ivanova A., Sereda T. Project development of a «smart» premise system for pig keeping. *E3S Web of Conferences*. 2021; 254: 08029. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125408029>
3. Leliveld L.M.C., Riva E., Mattachini G., Finzi A., Lovarelli D., Provolo G. Dairy Cow Behavior Is Affected by Period, Time of Day and Housing. *Animals*. 2022; 12(4): 512. <https://doi.org/10.3390/ani12040512>
4. Иванов Ю.Г., Кирсанов В.В., Юрочка С.С. Исследования параметров микроклимата в зоостанции РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. *Доклады ТСХА: Сборник статей*. М.: Изд-во РГАУ-МСХА. 2019; 291(5): 115–118. <https://www.elibrary.ru/ifyigh>
5. Assatbayeva G., Issabekova S., Uskenov R., Karymsakov T., Abdrakhmanov T. Influence of microclimate on ketosis, mastitis and diseases of cow reproductive organs. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*. 2022; 10(3): 2230. <http://doi.org/10.31893/jabb.22030>
6. Lovarelli D., Riva E., Mattachini G., Guarino M., Provolo G. Assessing the effect of barns structures and environmental conditions in dairy cattle farms monitored in Northern Italy. *Journal of Agricultural Engineering*. 2021; 52: 1229. <http://doi.org/10.4081/jae.2021.1229>
7. Kochetova O.V., Kostarev S.N., Tatarnikova N.A., Sereda T.G. Development of microclimate control system in cattle barns for cattle housing in the Perm region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 839: 032030. <http://doi.org/10.1088/1755-1315/839/3/032030>
8. Dovlatov I., Yuferev L., Pavkin D. Efficiency Optimization of Indoor Air Disinfection by Radiation Exposure for Poultry Breeding. Vasant P., Zelinka I., Weber G.W. (eds.). *Intelligent Computing and Optimization. Proceedings of the 2nd International Conference on Intelligent Computing and Optimization 2019 (ICO 2019)*. Springer Cham. 2020; 177–189. http://doi.org/10.1007/978-3-030-33585-4_18

ОБ АВТОРАХ:

Игорь Мамедьярович Довлатов,

научный сотрудник, кандидат технических наук, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, 1-й Институтский проезд, д. 5, Москва, 109428, Россия dovlatovim@mail.ru <https://orcid.org/0000-0003-3058-2446>

Сергей Сергеевич Юрочка,

старший научный сотрудник, кандидат технических наук, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, 1-й Институтский проезд, д. 5, Москва, 109428, Россия yurochkasr@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-2511-7526>

Дмитрий Андреевич Благоев,

старший научный сотрудник, кандидат биологических наук, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, 1-й Институтский проезд, д. 5, Москва, 109428, Россия aspirantya2013@gmail.com <https://orcid.org/0000-0001-7826-5197>

REFERENCES

1. Scherbakov P.N., Stepanova K.V., Burkov P.V., Rebezov M.B., Shnyakina T.N., Barzanova E.N. The mechanism of suppression of the synthesis of toxic gases and their indirect influence on the vital signs of the animal organism with adaptive growing technologies. *Agrarian science*. 2023; (2): 49–53. (In Russian) <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-367-2-49-53>
2. Kostarev S., Kochetova O., Ivanova A., Sereda T. Project development of a «smart» premise system for pig keeping. *E3S Web of Conferences*. 2021; 254: 08029. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125408029>
3. Leliveld L.M.C., Riva E., Mattachini G., Finzi A., Lovarelli D., Provolo G. Dairy Cow Behavior Is Affected by Period, Time of Day and Housing. *Animals*. 2022; 12(4): 512. <https://doi.org/10.3390/ani12040512>
4. Ivanov Yu.G., Kirsanov V.V., Yurochka S.S. Research of microclimate parameters in the zoo station of the RSAU-MTAA. *Doklady TSKhA. Collection of articles*. Moscow: Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy. 2019; 291(5): 115–118 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/ifyigh>
5. Assatbayeva G., Issabekova S., Uskenov R., Karymsakov T., Abdrakhmanov T. Influence of microclimate on ketosis, mastitis and diseases of cow reproductive organs. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*. 2022; 10(3): 2230. <http://doi.org/10.31893/jabb.22030>
6. Lovarelli D., Riva E., Mattachini G., Guarino M., Provolo G. Assessing the effect of barns structures and environmental conditions in dairy cattle farms monitored in Northern Italy. *Journal of Agricultural Engineering*. 2021; 52: 1229. <http://doi.org/10.4081/jae.2021.1229>
7. Kochetova O.V., Kostarev S.N., Tatarnikova N.A., Sereda T.G. Development of microclimate control system in cattle barns for cattle housing in the Perm region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 839: 032030. <http://doi.org/10.1088/1755-1315/839/3/032030>
8. Dovlatov I., Yuferev L., Pavkin D. Efficiency Optimization of Indoor Air Disinfection by Radiation Exposure for Poultry Breeding. Vasant P., Zelinka I., Weber G.W. (eds.). *Intelligent Computing and Optimization. Proceedings of the 2nd International Conference on Intelligent Computing and Optimization 2019 (ICO 2019)*. Springer Cham. 2020; 177–189. http://doi.org/10.1007/978-3-030-33585-4_18

ABOUT THE AUTHORS:

Igor Mamedyarevich Dovlatov,

Researcher, Candidate of Technical Sciences, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, 5 1st Institutskiy proezd, Moscow, 109428, Russia dovlatovim@mail.ru <https://orcid.org/0000-0003-3058-2446>

Sergei Sergeevich Yurochka,

Senior Researcher, Candidate of Technical Sciences, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, 5 1st Institutskiy proezd, Moscow, 109428, Russia yurochkasr@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-2511-7526>

Dmitry Andreevich Blagov,

Senior Researcher, Candidate of Biological Sciences, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, 5 1st Institutskiy proezd, Moscow, 109428, Russia aspirantya2013@gmail.com <https://orcid.org/0000-0001-7826-5197>