

УДК 54.058:614.7: 631.95

**ВЫБОР ДАТЧИКА И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ
КОНЦЕНТРАЦИИ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ РАБОТЕ СИСТЕМЫ
ВЕНТИЛЯЦИИ СВИНОКОМПЛЕКСОВ**

Николай Алексеевич Барков

магистрант

Battletech68@yandex.ru

Иван Павлович Криволапов

кандидат технических наук, доцент

ivan0068@bk.ru

Екатерина Сергеевна Бабкина

кандидат экономических наук, доцент

babkina_ek.s@mail.ru

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

Аннотация. В статье обоснована необходимость и представлен алгоритм работы датчика для контроля концентрации вредных веществ при работе системы вентиляции с частичной подпольной вытяжкой.

Ключевые слова: микроклимат, температура, влажность, аммиак, сероводород, свиноводство.

В настоящее время в рамках реализации ведомственного проекта Минсельхоза России «Цифровое сельское хозяйство» [1] проводится работа по организации и масштабированию отечественных комплексных цифровых агро решений для предприятий АПК: «Умная ферма»; «Умное поле»; «Умное стадо»; «Умная теплица»; «Умная переработка»; «Умный склад»; «Умный агроофис», в то же время на ряде предприятий отсутствует единая система обеспечивающая технологичность управления, большое количество данных формируется по отдельности и между ними не всегда проявляется взаимосвязь, что определяет необходимость автоматизации процесса управления.

Совершенствование автоматизированного управления является актуальной задачей для повышения эффективности работы свиноводческих предприятий. В настоящее время, при соответствующей комплектации оборудования, возможны контроль и управление за следующими параметрами:

- система кормления.
- микроклимат (вентиляция, обогрев, охлаждение, очистка отработанного воздуха, аварийная сигнализация).
- управлением бункерами (наполнение).
- перемещение животных.
- потребление воды.
- взвешивание животных.

В настоящее время животноводам доступны универсальные системы менеджмента хозяйства и управления производственными процессами, что ускорит и упростит цифровизацию всех процессов, существенно повысит ее надежность и обеспечит хозяйству стабильную доходность [2-4].

Сейчас основной мировой тренд – это упор на высокотехнологичные цифровые системы управления свинокомплексом, применение для этих целей искусственного интеллекта, максимально автоматизирующего все технологические процессы, и, как следствие, минимизирующего непосредственное участие человека и исключая ошибки управления. В современных свинокомплексах максимально автоматизированы системы

управления микроклиматом, и человеку достаточно лишь задать базовые параметры выращивания животных, контролировать возможные отклонения от нормы и вмешаться в случае необходимости, причем все это можно делать удаленно с помощью гаджетов, даже не присутствуя на ферме [3, 5].

Помимо температуры и относительной влажности воздуха, определяющих уровень терморегуляции в организме, определенное влияние на физиологическое состояние и продуктивность животных оказывают содержание в воздухе углекислоты, аммиака, сероводорода, производственные шумы, состояние ограждающих конструкций и многое другое.

Плохой микроклимат влияет не только на животных и персонал. Под воздействием больших концентраций аммиака и ему подобных образуются кислоты, которые разрушают строительные конструкции. Так сэндвич панели, которые применяются на каждом свинокомплексе, сгнивают до своего срока окупаемости за 5-10 лет в зависимости от концентрации вредных веществ. Это результат мнимой экономии топливных ресурсов или не совершенство автоматики. Исследования [5] показали, что на практике неправильно рассчитывают тепло-влажностные балансы, по этой причине система работает неправильно.

В работе [6] также отмечено, что животные, содержащиеся в нормальных условиях микроклимата (концентрация аммиака – 0,006%) имели прирост на 8% больше, чем содержащиеся в среднезагрязненной среде (концентрация аммиака – 0,019%), кроме того, при выкачивании навоза из ям концентрация аммиака возрастает практически в 10 раз до 0,06%.

Максимальная допустимая концентрация углекислоты в воздухе животноводческих помещений - 0,25-0,3 %. Концентрация CO₂ - 3-4 % при вдыхании в продолжении получаса приводит к опасному для жизни животного состоянию гипоксии. Концентрация же до 4,95-6,6 % после вдыхания в продолжении 0,5-1 часа вызывает гибель животного от асфиксии.

Неблагоприятный климат в животноводческих помещениях (низкая температура, высокая влажность и подвижность воздуха, его загазованность

вредными газами - аммиаком, сероводородом, углекислым газом, окисью углерода, недостаточная освещенность, пыль и микроорганизмы в воздухе вызывают значительное снижение продуктивности животных. Так, привесы откармливаемых свиней снижаются до 50 %, падеж поросят составляет 17-31% молочная продуктивность коров снижается до 18% [3].

Как показала практика, одним из направлений по снижению концентрации вредных газообразных веществ может быть использование биопрепаратов, подавляющих аммонификацию органического вещества навоза, помета [2]. Согласно европейскому опыту, для крупных животноводческих комплексов, птицефабрик в целях улучшения санитарногигиенических параметров микроклимата, снижения в воздухе производственных помещений содержания аммиака, сероводорода, других токсичных газов наиболее востребованным и перспективным признано применение различных препаратов.

Таким образом, удаление воздуха из животноводческих зданий естественным путем через шахты и фонари не всегда позволяет решить стоящие перед системами технологического микроклимата задачи. В животноводческих помещениях выделяется много тяжелых вредных газов, и их удаление требует организации механических систем с вытяжкой воздуха из нижней зоны, в частности из верхней зоны каналов навозоудаления.

Например, в свинарниках-маточниках рекомендуется удалять загрязненный воздух механической системой вентиляции по каналам, расположенным под полом рядом с каналами для удаления навоза, рисунок 1.

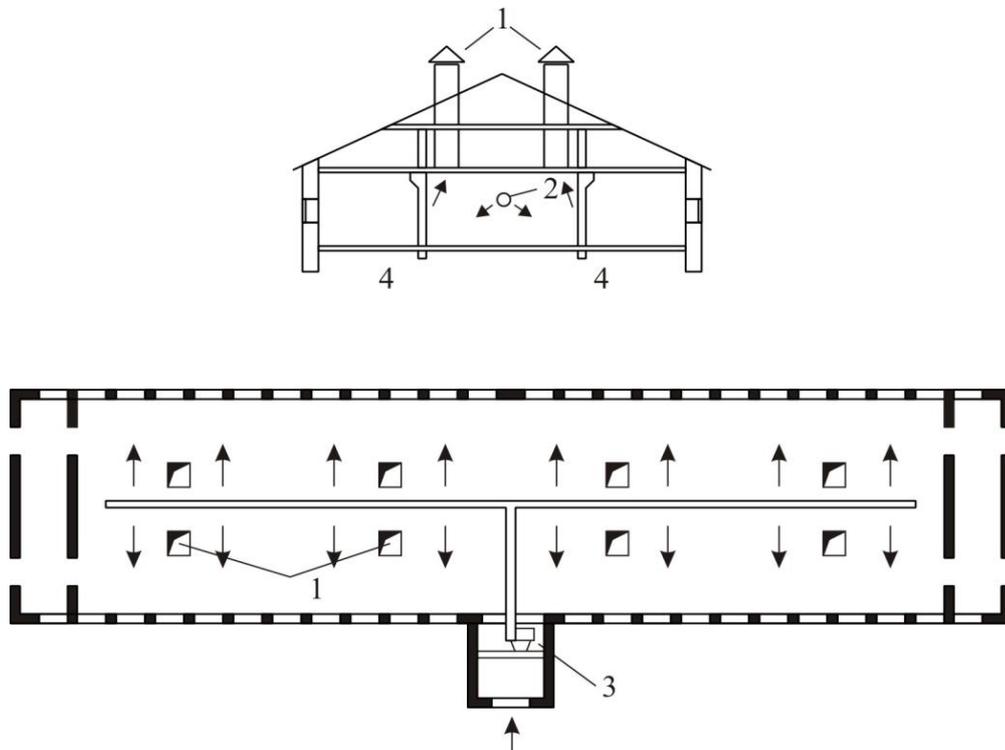


Рисунок 1 – Схема системы вентиляции свинарника-маточника: 1 – вытяжные шахты; 2 – приточные воздуховоды; 3 – вентиляционные каналы; 4 – вытяжные каналы; 5 – вытяжные осевые вентиляторы

Забор загрязненного воздуха этими системами проводится из верхней части канализационного канала через щели или отверстия, расположенные выше уровня жидкости в канале не менее чем на 200 мм. Такая вытяжная система позволяет удалять вредные газы непосредственно из мест их выделения и предотвращает распространение их по всему помещению. Механическая вытяжка из подпольных канализационных каналов предусматривается при содержании животных на решетчатых полах. В этом же помещении необходимо в верхней зоне устраивать вытяжные шахты, расположенные равномерно по всей кровле [2, 7].

Удаление воздуха может осуществляться с помощью вытяжных вентиляторов, расположенных в нижней части стены под окнами.

Сельскохозяйственные производственные здания не являются полностью неотапливаемыми даже при наличии наружных ограждений. Это вызвано необходимостью удалять влагу, выделяемую в процессе жизнедеятельности животных $j_{жс}$, г/ч, и птиц $j_{пт}$, г/(ч×кг), хранящейся продукции $j_{СРС}$ [2].

Для снижения выделения вредных газов из каналов навозоудаления в зону обитания животных целесообразно использовать схему вентиляции с частичной

подпольной вытяжкой, объем которой не должен превышать 20% от общего объема вытяжки, рисунок 2 [2].

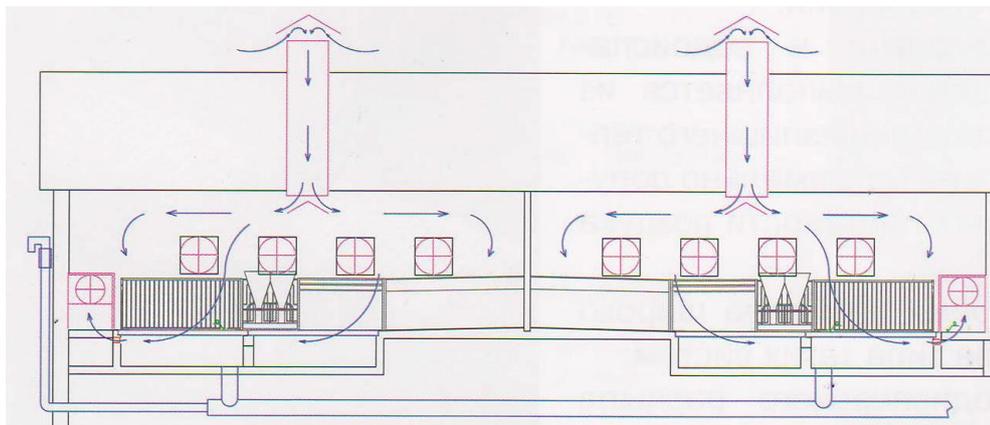


Рисунок 2 – Схема системы вентиляции с частично подпольной вытяжкой

Подпольная вытяжка позволяет удалять аммиак, сероводород и меркаптаны из мест их образования, не допуская их попадания через щелевой пол в зону обитания животных. Углекислый газ, выделяемый животными, является более тяжелым, чем воздух, поэтому скапливается над сплошным полом в зоне отдыха, такая система обеспечивает его эффективное удаление через щелевой пол.

Однако работа такой системы во многом основана на обеспечении заданных параметров микроклимата в части формирования оптимальной температуры и относительной влажности воздуха и не всегда учитывает уровень концентрации газообразных веществ.

С целью контроля работы данной системы целесообразно использовать датчики концентрации аммиака, сероводорода, диоксида углерода расположенные в зоне дыхания животных.

При повышении концентрации выше установленных значений они должны формировать сигнал на включение системы вентиляции, удаляя загрязнённый воздух из под щелевого пола и обеспечивая приток свежего воздуха. При организации работы такой системы важно правильно выбрать датчики концентрации и элементы системы контроля загазованности с учетом агрессивности среды и возможности автоматизированного контроля.

Для контроля концентрации вредных веществ широко используются различного рода датчики концентрации, в настоящее время на рынке представлены производители из Европы, Китая, Кореи, США, Японии и т.д.

На наш взгляд наиболее оптимальным решением является использование автоматизированной многоканальной системы загазованности ОКА исполнение И23, рисунок 3.



Рисунок 3 – Стационарная система загазованности ОКА исполнение И23 (моноблок)

Данная система предназначена для: определения содержания кислорода; горючих газов или суммы горючих газов; диоксида углерода; оксида углерода; сероводорода; диоксида серы; хлора; хлористого водорода; фтористого водорода; метана; аммиака и диоксида азота.

Метрологические характеристики данной системы представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Метрологические характеристики стационарной системы загазованности ОКА исполнение И23 (моноблок) [9]

Определяемый компонент	Диапазон измерений	Диапазон показаний	Порог срабатывания сигнализации по умолчанию*
Сероводород (H ₂ S)	0 - 30 мг/м ³	0 - 36 мг/м ³	10 мг/м ³
Аммиак (NH ₃)	0 - 600 мг/м ³	0 - 720 мг/м ³	20 мг/м ³ , 60 мг/м ³ и 500 мг/м ³
Диоксид углерода (CO ₂)	0 - 5 об.%	0 - 6 об.%	0,5 об.%
Кислород (O ₂)	0 - 30 об.%	0 - 36 об.%	18 об.% на понижение

Данная система загазованности включает в себя: блок датчика ОКА моноблок (исполнение И23), блок реле БР 10, блок коммутации и управления БКУ, блок коммутации РП (ретранслятор-передатчик), монтажную коробку

МКТ-1; тестовый кабель USB, а также комплект кабелей и аксессуаров для прокладки кабеля.

Состав системы загазованности ОКА, а также пример подключения нескольких стационарных газоанализаторов ОКА моноблок по общей цифровой линии, с использованием вспомогательных блоков представлен в приложении.

Данный газоанализатор позволяет создавать измерительные системы различного уровня сложности, структурные компоненты и отдельные блоки могут быть расположены вблизи функционально связанных устройств; расстояние между блоками системы может достигать 1200 метров. В газоанализаторе реализована возможность наращивания системы как по числу точек контроля, так и по выполняемым функциям. Система может быть адаптирована под конкретный проект и алгоритм функционирования программными и аппаратными средствами.

Расход кабельной продукции при монтаже существенно снижен по сравнению с многоканальными газоанализаторами, изготовленными по традиционным схемам [9].

Система будет работать следующим образом: 4 датчика концентрации: аммиака, диоксида углерода, сероводорода, кислорода посредством монтажной коробки (на каждый датчик) будут подключены к блоку коммутации и управления БКУ, данный блок необходим для управления адресуемыми устройствами, кроме того, он индицирует текущую концентрацию по каналам измерения, а также обеспечивает световую и звуковую сигнализацию превышения порогов или аварии системы. БКУ необходимо связать с блоком реле БР 10 с целью организации управления системой вентиляции, в базовой комплектации в блоке реле БР10 размещен преобразователь питания. Блок реле содержит в своём составе до 10 реле для управления внешними устройствами по сигналам загазованности.

Общий вид работы схематично представлен на рисунке 3.6.

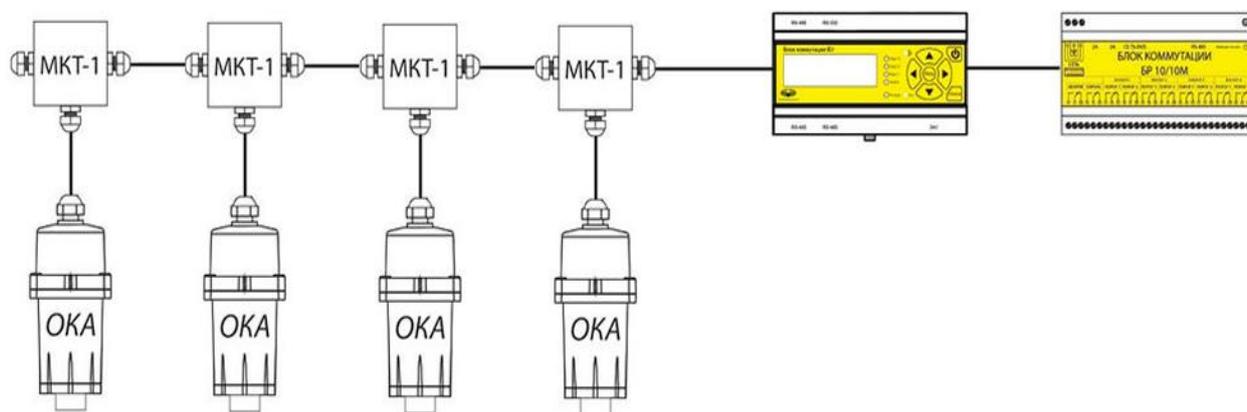


Рисунок 4 – Схема подключения системы контроля концентрации аммиака, сероводорода, диоксида углерода и кислорода для оптимизации микроклимата на свиноводческих предприятиях

После поступления сигнала от газоанализатора, расположенного в зоне дыхания животных сигнал поступает на блок коммутации и управления, от него сигнал идет к блоку реле БР 10, который, в свою очередь, соединен с системой вентиляции, при повышении концентрации аммиака и сероводорода включается вытяжной вентилятор, расположенный в зоне щелевого пола, обеспечивающий снижение концентрации этих газов в зоне дыхания животных. При повышении концентрации диоксида углерода и снижении концентрации кислорода включаются основные вытяжные вентиляторы, обеспечивая приток свежего воздуха через приточные шахты.

Таким образом, работа данной системы обеспечивает снижение концентрации аммиака, сероводорода и диоксида углерода до необходимых значений.

Список литературы:

1. Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство»: официальное издание / М.: ФГБНУ «Росинформагротех». 2019. 48 с.
2. Опыт проектирования систем отопления и вентиляции на свиноводческих фермах и комплексах / Электронный ресурс. Режим доступа: http://agroproj.mass.hc.ru/articles/hot_vent.html (дата обращения: 11.12.2022)
3. Самарин В.А. Энергосберегающие системы управления микроклиматом животноводческих помещений / дис....докт. техн. наук: 05.20.02: Москва. 2001. 385 с.

4. Технологические решения, обеспечивающие снижение потерь кормов и повышение сохранности поголовья / М.Г. Курячий, И.Ю. Игнаткин, А.А. Путан, А.М. Бондарев, А.В. Архипцев // Инновации в сельском хозяйстве. 2014. №5(10). С.124-128.

5. Лютых О. Технологичная среда: новые тенденции в свиноводстве // Эффективное животноводство. 2020. № 5 (162). С. 11-16.

6. Воробьев Н.П., Недилько И.В., Никольский О.К. Обоснование требований к ультразвуковому контролю газового состава воздушной среды в животноводческих помещениях // Вестник КрасГАУ. 2008. № 3. С. 220-225.

7. Проблемы утилизации отходов сельскохозяйственных производств и пути их решения / М.С. Колдин, И.П. Криволапов, С.И. Киселев, Т.Ю. Холопова // В сборнике: Тенденции развития агропромышленного комплекса глазами молодых ученых. Материалы научно-практической конференции с международным участием. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». 2018. С. 45-49.

8. Криволапов И.П., Колдин М.С., Щербаков С.Ю. Исследование эффективности очистки воздуха в животноводческих комплексах от аммиака и сероводорода // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2016. № 3 (11). С. 9-18.

9. КипКомплект. Газоанализаторы, газосигнализаторы, системы контроля загазованности / Электронный ресурс. Режим доступа: https://kipkomplekt.ru/jurnal/gaz_ptichnik.php (дата обращения: 11.02.2023)

UDC 54.058:614.7: 631.95

**SENSOR SELECTION AND DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR
CONTROL OF THE CONCENTRATION OF HARMFUL SUBSTANCES**

DURING THE OPERATION OF THE VENTILATION SYSTEM OF PIG FARMS

Nikolay A. Barkov

undergraduate

Battletech68@yandex.ru

Ivan P. Krivolapov

candidate of technical sciences, associate professor

ivan0068@bk.ru

Ekaterina S. Babkina

candidate of economic sciences, associate professor

babkina_ek.s@mail.ru

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

Annotation. The article substantiates the need and presents an algorithm for the operation of a sensor to control the concentration of harmful substances during the operation of a ventilation system with a partial underfloor hood.

Key words: microclimate, temperature, humidity, ammonia, hydrogen sulfide, pig breeding.

Статья поступила в редакцию 30.03.2023; одобрена после рецензирования 30.05.2022; принята к публикации 30.06.2023.

The article was submitted 30.03.2023; approved after reviewing 30.05.2022; accepted for publication 30.06.2023.