

## СТАТЬИ

УДК 681.5

**О ПЕРСПЕКТИВАХ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА  
И УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ  
НА МЯСОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВАХ****Вендин С.В., Бондаренко А.А., Шаламаева Д.С.***ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина»,  
п. Майский, e-mail: elapk@mail.ru*

Представлены результаты исследований по разработке системы мониторинга и управления микроклиматом на объекте мясоперерабатывающего производства для снижения себестоимости продуктов мясного происхождения и обеспечения санитарной безопасности продукции. Предлагается функциональная схема приточной вентиляционной установки с учетом возможности мониторинга температуры и влажности на объекте, которая включает оборудование системы приточной вентиляции, преобразователи влажности и температуры воздуха, систему мониторинга и удаленного управления параметрами микроклимата. Представлен сравнительный анализ основных применяемых методов охлаждения и заморозки свиных туш: максимально быстрого снижения температуры поверхности туши; повышения влажности в камере перед заморозкой с целью создания на поверхности туши слоя влаги, который и будет испаряться, сохраняя влагу туши. На основе проведенного сравнительного анализа эффективности методов заморозки свиных туш установлено, что использование метода максимально быстрого снижения температуры в камере является наиболее эффективным вариантом. Его применение вместе с системой мониторинга и автоматического управления параметрами микроклимата на мясоперерабатывающем производстве позволит не только сократить процент усушки, но и оптимизировать работу персонала путем управления вентиляцией без участия сотрудника. При этом система позволяет организовать: удаленное управление параметрами микроклимата в камерах шоковой заморозки и дозревания посредством использования веб-интерфейса; сбор данных параметров микроклимата; выгрузку архивных значений в случае обнаружения отклонений и выявления их причин.

**Ключевые слова:** система мониторинга и управления, микроклимат, вентиляция, усушка продукта, мясопереработка, санитарная безопасность продукции

**ON THE PROSPECTS OF INTRODUCING SYSTEMS OF MONITORING  
AND MICROCLIMATE CONTROL IN MEAT PROCESSING PRODUCTIONS****Vendin S.V., Bondarenko A.A., Shalamaeva D.S.***Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin, Maiskiy, e-mail: elapk@mail.ru*

The results of research on the development of a system for monitoring and controlling the microclimate at a meat processing facility to reduce the cost of meat products and ensure sanitary safety of products are presented. A functional diagram of the supply ventilation unit is proposed, taking into account the possibility of monitoring temperature and humidity at the facility, which includes equipment for the supply ventilation system, humidity and air temperature converters, a system for monitoring and remote control of microclimate parameters. A comparative analysis of the main applied methods of cooling and freezing of pork carcasses is presented: the most rapid decrease in the surface temperature of the carcass; increasing the humidity in the chamber before freezing, in order to create a layer of moisture on the surface of the carcass, which will evaporate, retaining the moisture of the carcass. Based on a comparative analysis of the effectiveness of methods for freezing pork carcasses, it was found that using the method of lowering the temperature in the chamber as quickly as possible is the most effective use case. Its use together with a system for monitoring and automatic control of microclimate parameters in a meat processing plant will not only reduce the percentage of shrinkage, but also optimize the work of personnel by controlling ventilation without the participation of an employee. At the same time, the system allows organizing: remote control of microclimate parameters in shock freezing and ripening chambers through the use of a web interface; data collection of microclimate parameters; uploading archived values in case of deviations and identifying their causes.

**Keywords:** monitoring and control system, microclimate, ventilation, product shrinkage, meat processing, product sanitary safety

В настоящее время одним из лидеров среди отраслей сельского хозяйства и российского АПК является животноводство, производительность которого в первом квартале этого года составила 107,4% и достигла 1,3 млн т [1]. При этом отмечается рост потребления мяса внутри страны. Отмечается увеличение объема производства парной свинины, остывшей и охлажденной, что составляет 5,5 млн т мяса всех категорий.

Заметим также, что работа пищевого производства связана с определенными рисками из-за высокой динамики среды и большо-

го количества конкурентов на современном рынке сбыта. С одной стороны, предприятие пытается выпускать качественный и презентабельный продукт, но, с другой – наличие качества подразумевает стоимость продукции выше рыночной, что снижает покупательскую способность. Поэтому, несмотря на то, что объемы производства и потребления выросли, основной проблемой отрасли является увеличение себестоимости выпускаемого продукта. Увеличение себестоимости снижает выручку предприятия, что негативно влияет на развитие производства.

Конечная стоимость продукта в основном определяется себестоимостью продукта [2]. При этом важно уменьшить эксплуатационные затраты на любой стадии производства. Современный мясоперерабатывающий завод – это не просто бойня скота или переработка уже готового крупного куска. Это автоматизированное предприятие, которое осуществляет убой скота с последующей переработкой продуктов убоя для пищевых, кормовых и технических целей. Основная задача производства по переработке мясного сырья – это выпуск качественного продукта, способного надолго прокормить человека белком и другими витаминами, но никак не заразить человека различными болезнями.

Цель и научная новизна представленных исследований состоят в разработке системы мониторинга температуры и влажности на объекте мясоперерабатывающего производства для снижения себестоимости продуктов мясного происхождения и обеспечения санитарной безопасности продукции. При этом задачи исследований включали: анализ известных технических решений, разработку функциональной схемы приточной вентиляционной установки с учетом возможности мониторинга температуры и влажности на объекте, а также анализ эффективности методов заморозки свиных туш.

#### **Материалы и методы исследования**

Методология исследований предполагала использование методов анализа научной литературы и методов математической статистики применительно к процессам охлаждения и заморозки свиных туш, а также методов графического представления статистических данных.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

Одним из путей снижения себестоимости продуктов мясного происхождения и обеспечения санитарной безопасности продукции может стать внедрение системы мониторинга температуры и влажности на объекте мясоперерабатывающего производства [3]. Это обусловлено тем, что отсутствие системы мониторинга и автоматического управления микроклиматом способно привести к следующим рискам: колоссальным штрафам после аудитов ветеринарной инспекцией, что влияет на накладные расходы; увеличению процента усушки мяса и мясной продукции, что влияет на сумму потерь; развитию плесени и других возможных болезнетворных бак-

терий, что также негативно сказывается на накладных расходах компании; увеличению численности персонала, влекущему дополнительные расходы, влияющие на заработную плату; увеличению затрат на энергоресурсы в результате неграмотного распределения мощности производственного оборудования [4].

При проектировании и разработке системы мониторинга температуры и влажности следует учитывать, что мясоперерабатывающее производство – это в первую очередь большой комплекс производственных подразделений, имеющих ограниченные зоны ответственности. Следовательно, разработка системы не представляется возможной без изучения технологического процесса и ознакомления с ответственными подразделениями, такими как: цех убоя, цех обвалки, цех упаковки, участок плиточной заморозки и т.д.

При этом крайне важно уделить достаточное внимание всем участкам. Например, база предубойного содержания свиней должна иметь хорошую вентиляцию, ведь именно в этом месте животные проводят последние часы своей жизни, выделяя большое количество влаги, углекислого газа, сероводорода и даже аммиака. Плохая вентиляция способствует увеличению количества вредных газов и паров, а также их доступу на производство.

Заметим, что система мониторинга температуры и влажности должна базироваться на системе вентиляции и микроклимата. Качественно смонтированная на объекте вентиляция является залогом поддержания корректной уставки температуры и влажности воздуха. Необходимо учитывать также, что на преобразователь температуры и влажности не должны влиять какие-либо факторы. Поэтому очень важно выбрать оптимальное место для его размещения.

В общем случае проектирование и разработка системы мониторинга температуры и влажности предусматривают несколько этапов (уровней).

При проектировании нижнего уровня необходимо определить следующее: количество преобразователей влажности и температуры воздуха; высоту от уровня пола; расстояние от двери.

На следующем этапе следует рассчитать количество точек для размещения датчиков (преобразователей). Это определяет план закупки устройств среднего уровня, таких как аналоговые и дискретные модули, служащие для чтения и архивации значений параметров микроклимата, а также управления элементами вентиляции.

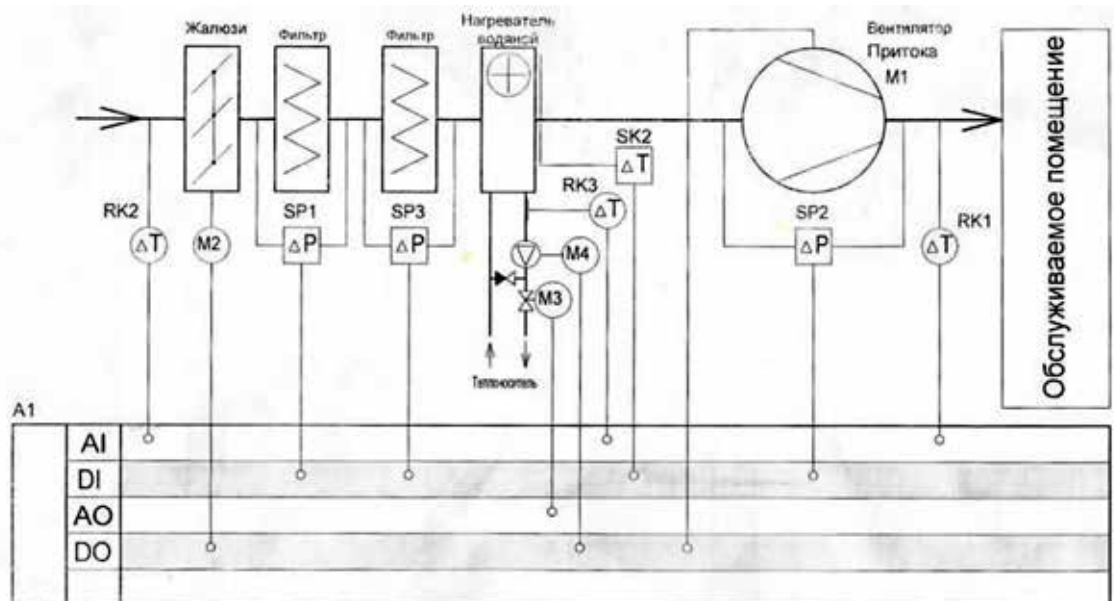


Рис. 1. Функциональная схема приточной вентиляционной установки:  
 RK1 – T кан; RK2 – T нар; RK3 – T обр; SP1 – прессостат фильтра 1; SP2 – прессостат вентилятора;  
 SP3 – прессостат фильтра 2; M1 – двигатель вентилятора потока; M2 – электропривод жалюзи;  
 M3 – КЗР нагревателя; M4 – циркуляционный насос; SK2 – термостат нагревателя

Оптимальным вариантом использования системы мониторинга температуры и влажности является приточно-вытяжная вентиляция, которая функционирует согласно принципу создания отрицательного давления посредством крышных шахт; при предусмотренном регулировании производительности происходит вытяжка воздуха. Кроме того, благодаря данным механическим устройствам происходит и приток воздуха, создавая отрицательное давление в помещении [4–7].

Ниже представлена схема приточной вентиляционной установки (рис. 1).

Оптимизация количества преобразователей влажности и температуры воздуха для такой схемы, а также определение мест их установки позволят обеспечить точность поддержания параметров микроклимата. Однако в этом случае необходимо решение вопроса оптимизации работы сотрудников с возможным сокращением рабочих мест. Но снижение затрат на заработную плату уменьшит себестоимость итогового продукта.

С технологических позиций управления устройство вывода системы должно быть установлено не только в щитовой, но и в инженерной мастерской либо должно иметь возможность просмотра web-визуализации. Второй вариант наиболее привлекателен, поскольку визуализацию

можно открыть на любом ПК, состоящем в той же сети, не тратя времени на походы к щиту управления, а также сократить расходы на оборудование.

Минимальным требованием для контроллерного оборудования является наличие интерфейсов RS-485, RS-232, USB, LAN.

Следующим этапом проектирования является отработка алгоритма программы. Система мониторинга и удаленного управления параметрами микроклимата должна «уметь»:

- автоматически управлять вентиляцией по заданному ответственным сотрудникам графику (без участия сотрудника);
- управлять вентиляцией в ручном режиме (по запросу сотрудника);
- отображать значения параметров микроклимата в режиме онлайн;
- архивировать считываемые данные (значения температуры и влажности воздуха);
- вести журнал аварий при обрыве датчиков.

Отметим, что внедрение рассмотренной системы мониторинга температуры и влажности позволит получить следующие производственные результаты:

- отсутствие потерь и повышение качества в результате предотвращения порчи мяса и мясной продукции в результате централизованного контроля состояния температурного режима, возможности находже-

ния причин аварий и увеличения процента усушки, наличия архива данных;

– сокращение расходов на энергоресурсы как следствие оптимизации работы производственного и вентиляционного оборудования, а также использования аварийного оповещения;

– отсутствие штрафов, накладываемых ветеринарными органами;

– оптимизация штата сотрудников производства и их деятельности.

Поэтому внедрение системы мониторинга температуры и влажности в производственных помещениях мясоперерабатывающего производства позволяет добиться снижения части производственных затрат, что важно для увеличения доходов предприятия путем сокращения себестоимости товара [8].

Обеспечение санитарной безопасности продукции возможно, если на предприятии осуществляются лабораторные пробы, а также организована качественная система вентиляции.

Наибольшее влияние системы вентиляции на мясоперерабатывающем заводе отмечается в камерах шоковой заморозки и дозревания. По технологии после присвоения полутуши категории и ветеринарного освидетельствования она подвергается классическому варианту шоковой заморозки, который проходит в три этапа, а именно:

- снижение температуры до 0°C;
- понижение температуры до криоскопической, примерно до -5°C;
- домораживание при температуре до -18°C, где происходит переход в твердую фазу, свидетельствующий о полном застывании.

Очевидно, что в таких условиях полутуша непременно потеряет свою массу и для сохранности прибыли лучше исключить данный процесс. Но это ошибочное решение, поскольку данный технологический процесс необходим для соблюдения правил гигиенической безопасности хранения продуктов, увеличения срока годности продукта и сокращения времени транспортировочной подготовки. Исключить процесс усушки нельзя, но можно повлиять на него, чтобы снизить процент потери влаги в мясе.

Уменьшить усушку за счет управления системой вентиляции можно следующими способами:

– максимально быстро снизить температуру поверхности туши;

– повысить влажность до камеры заморозки, при этом туша приобретет слой влаги, который и будет испаряться, сохраняя влагу туши.

Из указанных способов максимальной эффективностью обладает первый, который заключается в двух- или трехстадийной схеме охлаждения продукции. Это означает, что на первой стадии будет организовано интенсивное охлаждение, необходимое для резкого снижения температуры, что позволит снизить испарение влаги с поверхности, тем самым уменьшив потерю массы.

Реализовать это также возможно с помощью системы мониторинга и автоматического управления параметрами микроклимата на предприятии. Такая система позволяет организовать:

– удаленное управление параметрами микроклимата в камерах шоковой заморозки и дозревания посредством использования веб-интерфейса;

– сбор данных параметров микроклимата;

– выгрузку архивных значений в случае обнаружения отклонений и выявления их причин.

Для управления системой вентиляции в удаленном режиме не потребуется наличие знаний программирования у обслуживающего персонала, поскольку система может работать в двух режимах, а именно:

– ручном, когда сотруднику поручено изменить статус установки;

– автоматическом, т.е. без участия сотрудников, когда изменение статуса установки происходит при достижении определенной температуры в камере.

Основную часть времени установка будет работать во втором режиме, так как применение первого оптимально в условиях эксперимента или аварии.

По достижении необходимых значений параметров микроклимата система будет поддерживать необходимые значения, удерживая температуру поверхности в полутуше крайне близкой к точке.

В настоящее время в области переработки свиней используют два наиболее популярных метода заморозки, представленных в таблице.

Представленные методы похожи, однако у них есть существенные различия, такие как скорость воздуха и воздействующая на полутушу температура в камере.

Из таблицы 1 следует, что Датский метод является оптимальным вариантом, поскольку за равное количество времени использует меньшие мощности вентиляционной системы, а также требует меньше манипуляций с передвижением полутуш внутри производственных камер.

Для наглядности различий методов на рисунке 2 представлено их сравнение.

## Методы заморозки туш свиней

| Название метода заморозки | Стадия № 1 |        |                        | Стадия № 2 |        |                        | Стадия № 3 |        |                        |
|---------------------------|------------|--------|------------------------|------------|--------|------------------------|------------|--------|------------------------|
|                           | Время (ч)  | T (°C) | Скорость воздуха (м/с) | Время (ч)  | T (°C) | Скорость воздуха (м/с) | Время (ч)  | T (°C) | Скорость воздуха (м/с) |
| Датский                   | 1,5        | -25    | 4-10                   | 16         | +2     | 0,5-2                  | -          | -      | -                      |
| Голландский               | 0,5        | -22    | 8-10                   | 2          | -6     | 4-6                    | 15         | +2     | 0,5-1                  |

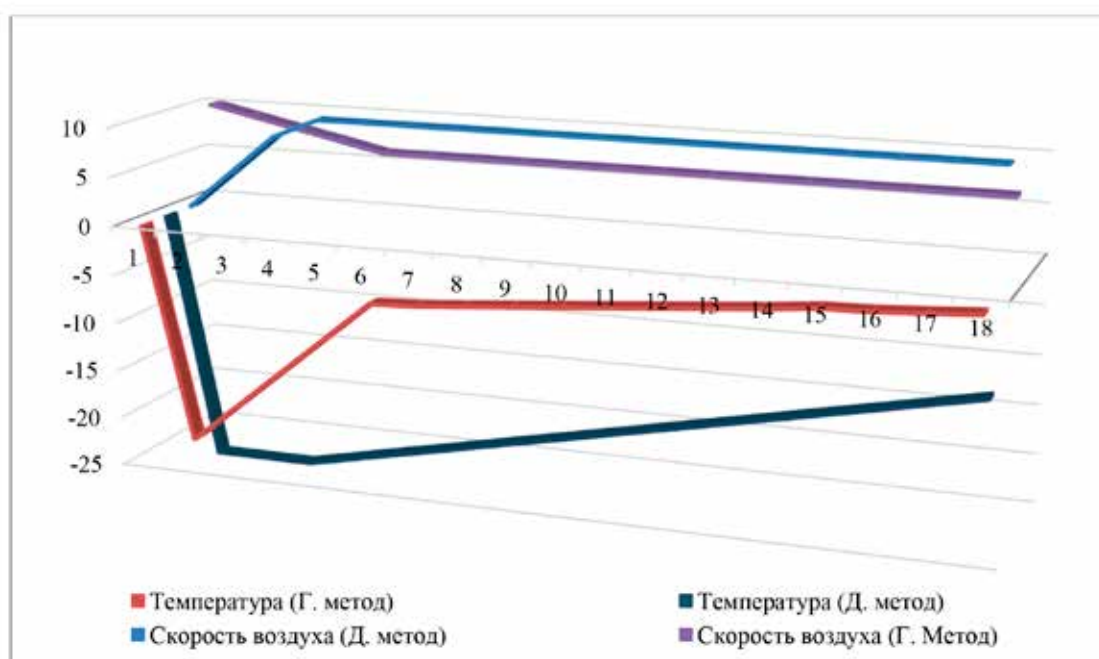


Рис. 2. Сравнение методов охлаждения

Использование данного метода позволяет зафиксировать процент потери влаги на уровне от 0,6 до 1,2%. При среднем убое небольшого завода в 2000 голов в смену можно утверждать, что предприятие теряет 24 головы, которые в денежном эквиваленте равны 360 000 рублей. Это является отличным результатом, поскольку находится ниже допустимого порога в 1,5%.

Второй метод сокращения потери влаги из туши требует наличия больших ресурсов, поскольку для его реализации необходимо применение воздушно-капельной технологии охлаждения (ВКО). Алгоритм работы в данном случае следующий: вместе с интенсивным обдувом полутуш в камере, где установленная температура воздуха держится на уровне 0...+2°C, необходимо организовать распыление мелкодисперсной жидкости, которая при попадании на продукцию охлаждает ее, а после испарится вместо внутренней влаги продукта. Данный метод требует около 5 часов нахождения полутуши в камере с обдувом до 6 м/с.

Определенно, в этом случае время обработки туши сокращено в 2,5 раза, однако требуются дополнительные ресурсы и оборудование для установки системы ВКО, притом что усушка составит около 1–1,7%, что существенно больше, чем в первом рассмотренном методе, поскольку при аналогичном убое предприятие теряет на усушке 34 головы, что в денежном эквиваленте равно 510 000 рублей в смену.

**Заключение**

Представлены результаты исследований по разработке системы мониторинга и управления микроклиматом на объекте мясоперерабатывающего производства для снижения себестоимости продуктов мясного происхождения и обеспечения санитарной безопасности продукции. Предлагается функциональная схема приточной вентиляционной установки с учетом возможности мониторинга температуры и влажности на объекте, а также приведен анализ эффективности методов заморозки свиных туш.

**Список литературы**

1. Рынок мяса России в 2022 году – ключевые тенденции и прогнозы – Agrovести.net / АПК. [Электронный ресурс]. URL: <https://agrovesti.net/lib/industries/beef-cattle/gynok-myasa-rossii-v-2022-godu-klyuchevye-tendentsii-i-prognozy.html?ysclid=19fkylxоbc236355084> (дата обращения: 28.11.2022).
2. Себестоимость продукции на предприятии: как рассчитать, за счёт чего снизить (finkont.ru). [Электронный ресурс]. URL: <https://www.finkont.ru/blog/sebestoimost-produktsii-na-predpriyatii-kak-rasschitat-za-schyet-chego-snizit/?ysclid=19fjgz0q470239925> (дата обращения: 28.11.2022).
3. Санитарные правила для предприятий мясной промышленности СП 3238 85. Россельхознадзор. [Электронный ресурс]. URL: <https://fsvps.gov.ru/ru/fsvps/laws/4777.html> (дата обращения: 28.11.2022).
4. Вентиляция предприятия мясной промышленности — «ЕвроХолод» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.airfresh.ru/Ventilyatsiya-predpriyatiya-myasnoy-promyshlennosti.htm> (дата обращения: 28.11.2022).
5. Штокман Е.А. Вентиляция, кондиционирование и очистка воздуха на предприятиях пищевой промышленности (studmed.ru). [Электронный ресурс]. URL: [https://www.studmed.ru/view/shtokman-ea-ventilyaciya-kondicionirovanie-i-ochistka-vozduha-na-predpriyatiyah-pischevoy-promyshlennosti\\_b56d580d960.html](https://www.studmed.ru/view/shtokman-ea-ventilyaciya-kondicionirovanie-i-ochistka-vozduha-na-predpriyatiyah-pischevoy-promyshlennosti_b56d580d960.html) (дата обращения: 28.11.2022).
6. Самарин Г.Н. Энергосберегающая система кондиционирования воздуха для ферм // Техника в сельском хозяйстве. 2017. № 4. С. 43.
7. Довлатов И.М., Юферев Л.Ю., Кирсанов В.В., Павкин Д.Ю., Матвеев В.Ю. Автоматизированная система обеспечения микроклимата в птичниках // Вестник НГИЭИ. 2018. № 7 (86). С. 7-18.
8. Нормы температуры на рабочем месте: новый СанПиН 1.2.3685-21. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kdelo.ru/art/385289-normy-temperatury-sanpin-2018-18-m8> (дата обращения: 28.11.2022).