

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева»

На правах рукописи

ГОЛЕНТОВСКИЙ ДЕНИС НИКОЛАЕВИЧ

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ
ИНКУБАЦИИ ЯИЦ И ПОВЫШЕНИЕ МЯСНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ
ПЕРЕПЕЛОВ В РАЗЛИЧНЫХ МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИХ
УСЛОВИЯХ**

Специальность: 4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии
приготовления кормов и производства продукции животноводства

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание учёной степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:
Малородов Виктор Викторович,
кандидат с.-х. наук

Москва – 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	11
1.1. Инкубация яиц в различных микроклиматических условиях	12
1.2. Влияние качества подстилки на создание оптимального микроклимата в птичниках	27
1.3. Микроклиматическая зональность в птицеводстве	35
2. СХЕМА ИССЛЕДОВАНИЙ, МАТЕРИАЛ, МЕТОДИКА, УСЛОВИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЫТОВ, ИЗУЧАЕМЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ.....	48
2.1. Схема исследований, материал, методика, условия выполнения опытов	48
2.2. Изучаемые показатели	56
2.2.1. Показатели микроклимата в производственном помещении	56
2.2.2. Зоотехнические показатели.....	57
2.2.3. Мясные качества	58
2.2.4. Экономические показатели	59
3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ	60
3.1. Калибровка перепелиных яиц по массе в зависимости от ярусности закладки в инкубатор и микроклиматической зональности (опыт 1)	60
3.1.1. Результаты измерения параметров микроклимата	60
3.1.2. Результаты инкубации перепелиных яиц в условиях микроклиматической зональности	61
3.1.3. Экономическая эффективность инкубации перепелиных яиц.....	64
3.2. Установление целесообразной глубины насыпи подстилочного материала в птичнике для напольного выращивания перепелов на мясо (опыт 2)	65
3.2.1. Зоотехническая эффективность выращивания перепелов.....	65
3.2.2. Мясные качества перепелов	69
3.2.3. Оценка качества подошвы стоп перепелов и подстилки	71

3.2.4. Экономическая эффективность производства мяса перепелов на подстилке различной глубины насыпи	73
3.3. Эффективность выращивания мясных перепелов на глубокой подстилке в условиях микроклиматической зональности (опыт 3)	74
3.3.1. Результаты измерения параметров микроклимата	74
3.3.2. Зоотехническая эффективность выращивания перепелов.....	81
3.3.3. Экономическая эффективность производства мяса перепелов.....	87
4. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРОВЕРКА	89
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	92
Предложения производству	94
Перспективы дальнейшей разработки темы	94
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	95
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	115

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследований. Интенсификация производства мяса перепелов на современном этапе обусловлена комплексным подходом, созданием и совершенствованием мясных пород, повышением конверсии корма, резистентности к заболеваниям, формированием адаптационных способностей организма птицы к факторам среды обитания. Реализация высокой генетически обусловленной продуктивности перепелов современных пород является важной задачей мясного перепеловодства. Требуется постоянное совершенствование условий интенсивного выращивания мясных перепелов. Необходима оптимизация микроклимата в направлении обеспечения равномерности распределения воздушных потоков на всей площади птицеводческих помещений и создания равных условий обитания птицы в зоне размещения птицы, в том числе поддержания нормативных зоогигиенических условий, учитывающих глубину подстилочного материала.

Установлено, что в многоярусных инкубаторах и помещениях для выращивания и содержания сельскохозяйственной птицы на отдельных участках производственной площади формируются зоны с отклонениями показателей микроклимата от нормативных значений, что приводит к снижению сохранности поголовья, скорости роста птицы и конверсии корма. Это вызвано главным образом недостаточно равномерным воздухообменом и, как следствие, неравномерным распределением температуры, влажности и изменениями газового состава воздуха в помещениях птицеводческих предприятий (Yahav et al., 1996; Grimes et al., 2006; Фисинин и др., 2013; Афанасьев и др., 2013; Panagi et al., 2025). Высокая концентрация поголовья цыплят в промышленных условиях приводит к необходимости постоянного контроля воздухообмена и микроклимата в целом на всей производственной площади в помещениях свыше 1 тыс. м² с целью увеличения продуктивности птицы и повышения сохранности поголовья. Создание однородного

микроклимата в птичниках в значительной степени зависит от конструктивных особенностей применяемой вентиляционной системы и создаёт благоприятные условия для поддержания глубокой подстилки в сухом состоянии, что снижает образование вредных газов, соответственно их концентрацию в воздухе птичников.

Наличие микроклиматической зональности в инкубаторах и птичниках снижает эффективность инкубации перепелиных яиц и выращивания перепелят на мясо, однако при этом не учтены технологические особенности калибровки перепелиных яиц для закладки их на инкубацию с учётом микроклиматической зональности и производства мяса перепелов с учётом адаптационных способностей перепелят к различной равномерности микроклимата.

Исследования, направленные на устранение микроклиматической зональности, на повышение однородности глубокой подстилки и уточнения её глубины, условий выращивания и содержания птицы, на оптимизацию микроклимата в инкубаторах и птичниках являются актуальными.

Степень разработанности темы исследования. Научному обоснованию значения микроклимата в инкубаторах и птицеводческих помещениях посвящён ряд исследований отечественных и зарубежных авторов (Narushin et al., 2004; Калинин, 2015, Bianchi et al., 2015; Бачинина и др., 2021; Малородов и др., 2024; Cechinel et al., 2024). Равномерный и нормативный вывод перепелят возможен при целенаправленном распределении тепла по поверхности скорлупы яиц в пределах различных ярусов инкубатора. Также, повышение скорости роста и увеличение живой массы перепелов привело к усложнению достижения терморегуляторного гомеостаза в организме перепелят. В сложившихся условиях возросла необходимость создания однородного микроклимата в зоне размещения птицы в птичниках, что повышает требования к работе вентиляционного оборудования для достижения нормативного воздухообмена, температурно-влажностного режима и газового состава воздуха на всей производственной

площади помещений, с учётом целесообразной глубины подстилочного материала.

Вместе с тем у исследователей не сложилось единого мнения о расположении не соответствующих нормативному воздухообмену зон в инкубаторах и помещениях и степени отклонений показателей микроклимата от нормативных значений в соответствующих зонах в зависимости от систем вентиляции и температуры воздуха внешней среды. Малочисленные исследования, направленные на устранение микроклиматической зональности и повышение равномерности воздухообмена в инкубаторах и птичниках птицефабрик. Научно-исследовательские работы по определению эффективности закладки яиц на различные ярусы инкубатора в зависимости от их калибровки по массе, уточнению достаточной глубины подстилки и микроклиматической зональности в птичниках для выращивания мясных перепелов на глубокой подстилке ранее не проводились.

Цель исследований. Цель диссертационной работы – совершенствование технологии инкубации перепелиных яиц и напольного выращивания перепелов на мясо с учётом микроклиматической зональности в птичнике.

Задачи исследований. Для достижения цели поставлены следующие задачи:

1. Исследовать эффективность инкубации перепелиных яиц, калиброванных по массе, в зависимости от ярусности закладки и микроклиматической зональности инкубатора (опыт 1).
2. Установить целесообразную глубину насыпи подстилки в птичнике для напольного выращивания перепелов на мясо (опыт 2).
3. Определить эффективность выращивания мясных перепелов на глубокой подстилке в зависимости от микроклиматической зональности в птичнике (опыт 3).

4. Выполнить производственную проверку усовершенствованной технологии выращивания перепелов на мясо в промышленном птичнике с глубокой подстилкой.

5. Разработать научно-обоснованные предложения производству по совершенствованию технологии инкубации яиц и напольного выращивания перепелов для повышения эффективности производства мяса.

Научная новизна исследований. Впервые разработаны технологические приёмы инкубации перепелиных яиц, калиброванных по массе для повышения равномерности прогрева воздуха; определена целесообразная глубина насыпи подстилочного материала с дальнейшим выращиванием мясных перепелов на глубокой подстилке в условиях микроклиматической зональности в промышленном птичнике.

Теоретическая и практическая значимость работы. Получены новые знания о влиянии микроклиматической зональности в инкубаторах и птичниках, глубины насыпи подстилки на результаты инкубации перепелиных яиц, продуктивность и жизнеспособность перепелов. Основные выводы и положения диссертации, вынесенные на защиту, углубляют теоретическую базу для совершенствования и оптимизации условий инкубации яиц и выращивания мясных перепелов в производственных помещениях.

Практическая значимость состоит в том, что разработаны и предложены производству научно обоснованные технологические приёмы по совершенствованию инкубации перепелиных яиц, калиброванных по массе с целью повышения равномерности прогрева воздуха; определения целесообразной глубины подстилочного материала с дальнейшим выращиванием мясных перепелов на глубокой подстилке в условиях микроклиматической зональности в промышленном птичнике.

Методология и методы исследований. На основании полученных в исследованиях экспериментальных данных разработана и апробирована методология повышения равномерности прогрева воздуха в инкубаторах при

инкубации перепелиных яиц, калиброванных по массе; методология определения целесообразной глубины насыпи подстилки и выращивания мясных перепелов на глубокой подстилке в условиях микроклиматической зональности в промышленном птичнике.

В исследованиях использованы методы научного познания – наблюдение, измерение, сопоставление, анализ, обобщение, сравнение, аналогия, оценка, умозаключение. Применены зоотехнические, физические, биометрические и экономические специальные методы.

Реализация результатов исследований. Результаты научных исследований апробированы и используются при выращивании перепелов на птицефабрике ООО «Тураковский птицеводческий комплекс» Московской области и в учебном процессе ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»

Положения диссертации, выносимые на защиту:

1. Инкубация перепелиных яиц, калиброванных по массе, для закладки на различные ярусы инкубатора в условиях микроклиматической зональности.

2. Целесообразная глубина насыпи подстилочного материала в птичнике для повышения экономической эффективности выращивания перепелов.

3. Зоотехническая эффективность выращивания мясных перепелов на глубокой подстилке в зависимости от микроклиматической зональности в птичнике.

4. Экономическая эффективность совершенствования технологии инкубации перепелиных яиц и выращивания мясных перепелов в промышленном птичнике на глубокой подстилке в различных микроклиматических условиях.

Степень достоверности результатов исследований. Основные материалы, изложенные в диссертационной работе, получены автором самостоятельно. Достоверность полученных в экспериментах результатов

обусловлена использованием современных методов исследований, применением сертифицированного оборудования и современных откалиброванных приборов. Экспериментальные данные подвергнуты биометрической обработке с использованием методов вариационной статистики. Достоверность полученных в экспериментах материалов подтверждена наличием первичной документации о выполненных исследованиях и апробацией полученных результатов.

Апробация результатов работы. Основные результаты исследований диссертационной работы доложены и обсуждены на следующих научных и научно-практических конференциях, форумах и конкурсах: Международная научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённая 150-летию со дня рождения Миловича Александра Яковлевича (г. Москва, 3-5 июня 2024 г.); Международная научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённая 160-летию Тимирязевской академии (г. Москва, 2-4 июня 2025 г.); Всероссийская с международным участием научная конференция молодых ученых и специалистов, посвященная 155-летию со дня рождения выдающегося учёного в области животноводства, академика ВАСХНИЛ Михаила Фёдоровича Иванова (г. Москва, 27-29 апреля 2026 г.).

Личный вклад автора. Авторский вклад заключается в постановке проблемы, формулировании цели и задач исследований, теоретическом обосновании актуальности темы, разработке методики исследований, планировании и выполнении экспериментов, обобщении, анализе и интерпретации результатов, формулировании выводов и предложений производству. Автор принимал личное участие в апробации и внедрении разработанных технологических приёмов, в подготовке научных докладов и публикаций.

Публикации. Результаты исследований и материалы диссертации опубликованы в 5 научных статьях, в том числе 2 в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, 3 – в сборниках трудов конференций, индексируемых в РИНЦ.

Объём и структура диссертации. Диссертационная работа изложена на 116 страницах компьютерного текста, состоит из следующих разделов и глав: введение; обзор литературы; материал, методика, условия выполнения опытов, изучаемые показатели; результаты исследований; заключение, список литературы; приложение. Список литературы включает 147 источников. Диссертационная работа иллюстрирована 27 таблицами, 10 рисунками, приложением.

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Прогнозы ФАО указывают на необходимость увеличения мирового производства продовольствия к 2050 году как минимум на 60 % по сравнению с уровнем 2005–2007 годов, что обусловлено ростом населения и изменением структуры потребления. Птицеводство, благодаря высокой скороспелости, эффективной конверсии корма и относительно низкому углеродному следу, остаётся одним из наиболее динамичных секторов животноводства [6, 63, 127].

При этом ключевым звеном, определяющим последующую продуктивность птицы, её жизнеспособность и экономическую эффективность всего производственного цикла, является инкубация [18]. Отклонения температуры или влажности на ранних стадиях эмбриогенеза приводят к снижению конверсии корма и устойчивости к заболеваниям [86].

Согласно данным Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года, общее поголовье перепелов в хозяйствах всех категорий составляло около 7,95 млн голов, из которых 4,0 млн (50,3%) приходилось на сельскохозяйственные организации, 2,6 млн (32,4%) — на хозяйства населения и 1,4 млн (17,3%) — на крестьянские (фермерские) хозяйства [69].

Для сравнения масштабов: по данным Росстата, в 2023 году в сельскохозяйственных организациях, не относящихся к субъектам малого предпринимательства, поголовье птицы всех видов составляло 440,8 млн голов (в том числе 122,7 млн взрослой птицы и 318,1 млн молодняка), объём выращенной птицы достиг 6,39 млн тонн, а производство на убой — 6,38 млн тонн [70].

1.1. Инкубация яиц в различных микроклиматических условиях

В инкубационных камерах вследствие естественной конвекции формируются устойчивые температурные градиенты: тёплый воздух поднимается вверх, поэтому верхние ярусы оказываются теплее нижних. Разница температур между лотками может достигать $1,5^{\circ}\text{C}$, а в моделях без принудительной вентиляции — до 2°C . Подобная вертикальная стратификация приводит к асинхронному развитию эмбрионов: на верхних ярусах оно ускоряется, на нижних — замедляется, что увеличивает смертность на критической стадии органогенеза [71-75]. В крупных инкубаториях (при единовременной закладке около 100 тыс. яиц) даже относительно небольшой перепад температур в $0,5^{\circ}\text{C}$ между зонами снижает выход суточных цыплят на 3–5%. При средней стоимости суточного цыплёнка 30 руб. экономический убыток за один цикл инкубации может превышать 1 млн руб. Помимо прямых потерь на стадии инкубации, тепловые манипуляции способны повышать и постэмбриональный отход. Так, в упомянутых опытах Carvalho с соавт. (2020) смертность перепелят, подвергнутых циклическому повышению температуры в эмбриогенезе, в первые четыре недели жизни оказалась достоверно выше, чем в контроле, что указывает на пролонгированное негативное влияние эмбрионального перегрева на жизнеспособность молодняка [104].

Эмбриогенез птицы подразделяют на четыре периода. Первый период (0–12 ч) — образование бластодермы, когда яйцо только начинает прогреваться. Второй период (1–3 сут) — гаструляция и закладка осевых органов, включая нервную трубку и сердце. Третий период (4–10 сут) — органогенез, формирование всех основных систем. Четвёртый период (с 11 сут до вывода) — заключительный рост и подготовка к проклёву. Каждый период имеет критические окна чувствительности к температуре и влажности [111]. По данным Малородова В.В. и Козлова Б.К. (2023), постоянное

отклонение температуры в инкубаторе на $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$ от норматива $37,6^{\circ}\text{C}$ приводит к драматическому увеличению отходов инкубации: при пониженной температуре вывод перепелят составляет 64,3%, а при повышенной — катастрофически низкие 2,9% [43, 102, 111].

Кратковременные тепловые эпизоды действуют избирательнее, и их исход во многом определяется режимом воздействия. Сравнив непрерывный и прерывистый варианты острого теплового стресса ($39,5^{\circ}\text{C}$) на стадии закладки осевых органов (4–6 сутки), Abuoghaba с соавт. (2021) обнаружили, что даже короткие паузы между эпизодами перегрева заметно смягчают негативные последствия. Так, если трёхчасовой непрерывный прогрев снижал выводимость на 8% и живую массу пятинедельного молодняка почти на 3%, то чередование полуторачасовых циклов тепла с часовым отдыхом ограничивало эти потери 2,1% по обоим показателям. У самок из обеих опытных групп также регистрировали достоверное уменьшение массы овариальных фолликулов, что указывает на долговременное угнетение репродуктивного потенциала [109].

Ещё более контрастные результаты даёт смещение теплового импульса на несколько суток. В опытах El-Shater с соавт. (2021) аналогичный по длительности, но более интенсивный прогрев до 41°C в чуть более поздний период (6–8 сутки инкубации) не только не снижал выводимость, но и давал отсроченный положительный эффект: к 5-недельному возрасту живая масса таких перепелов превышала контроль на 3,5–4,2%, а выход грудных мышц был выше. Более того, эти птицы легче переносили острый тепловой стресс и отличались пониженной пугливостью. При сдвиге же воздействия на 12–14 сутки инкубации вновь наблюдалось падение выводимости на 8,3%, что подчёркивает существование узкого «терапевтического окна» в середине эмбриогенеза [105].

Глобальное потепление усилило актуальность проблемы теплового стресса в промышленном птицеводстве. Установлено, что отклонение

температуры тела бройлеров даже на 1°C от оптимума способно приводить к снижению продуктивности, нарушению обмена веществ и ухудшению физиологического состояния птицы [27]. Особенно уязвимы только что вылупившиеся цыплята, у которых механизмы терморегуляции развиты слабо, а колебания температуры в птичнике в сочетании с высокой температурой окружающей среды могут поставить под угрозу выживаемость и экономическую целесообразность выращивания. Адаптация кур и перепелов к повышенным температурам достигается комплексом мер, включающих корректировку рационов (в частности, оптимизацию электролитного баланса до уровня 240–300 мэкв/кг), изменение режимов вентиляции и селекцию на термотолерантность. Применительно к инкубации это означает необходимость оснащения инкубаториев резервными системами охлаждения и увлажнения, автоматически включающимися при превышении пороговых значений температуры, а также строгого контроля микроклимата в выводных шкафах, где перегрев особенно критичен [35].

Ручная регулировка и естественная вентиляция не обеспечивают требуемой стабильности микроклиматических параметров в инкубаторах и птичниках. Современные автоматизированные системы, напротив, используют замкнутый контур управления с обратной связью, позволяющий в реальном времени измерять теплопродукцию лотков, концентрацию газов и влажность воздуха. Такие системы не только сокращают капиталоемкость оборудования за счёт оптимизации режимов работы, но и снижают риск перегрева эмбрионов, а также увеличивают общий срок службы вентиляционного и нагревательного оборудования [1, 8, 9, 39]. Обоснование приоритетных направлений ресурсосбережения в промышленном птицеводстве, включая совершенствование конструктивных решений систем вентиляции и автоматизированного регулирования микроклимата, подробно изложено в работах В.С. Буярова и И.П. Салеевой [16, 17, 57]. Практическое внедрение автоматизированного контроля микроклимата на крупных птицефабриках

позволило существенно снизить эмбриональную смертность и повысить сохранность поголовья [15].

Общепринятые нормативы для куриных яиц: температура 37,5–37,7°C, влажность 50–60%. Для перепелов из-за более тонкой скорлупы и интенсивного газообмена оптимальный диапазон влажности уже и смещён вверх — в основной период инкубации рекомендуется поддерживать влажность на уровне 55%, повышая её до 60% на выводе [106]. Для перепелов, как показали Долгорукова А.М. с соавт. (2021) и Малородов В.В. с Козловым Б.К. (2023), целесообразно использовать дифференцированный режим: начальную температуру 38,0°C в первые четверо суток с постепенным снижением до 37,6°C в середине инкубации и до 36,9°C к выводу, что обусловлено более высокой удельной теплопродукцией перепелиных эмбрионов [23, 111]. Синхронизировав вылупление путём 12-часового сдвига закладки контрольной партии, Vitorino Carvalho с соавт. (2020) установили, что циклический прогрев яиц до 39,5°C (12 ч/сут с I0 по I13) ускоряет эмбриогенез примерно на полсутки, однако это ускорение сопряжено со снижением выводимости с 67 до 61% — главным образом за счёт роста гибели эмбрионов в скорлупе перед самым проклёвом. Любопытно, что вылупившиеся птенцы были тяжелее контроля, но к 25-м суткам жизни уже отставали по массе, и лишь к 35-м суткам различия исчезали, что указывает на включение компенсаторных механизмов роста [104]. Новые данные о клеточных механизмах температурной зависимости эмбриогенеза перепелов получены Thorat с соавт. (2025). Показано, что постоянная повышенная температура инкубации (39,0°C) ускоряет эмбриональное развитие и повышает интенсивность митохондриального дыхания в сердце и печени, тогда как пониженная температура (36,0°C) замедляет развитие, снижает дыхание, но одновременно повышает эффективность сопряжения окисления и фосфорилирования (Net P) без увеличения продукции активных форм кислорода. Продолжительность

инкубации при 36,0°C возрастала на 2,6 суток по сравнению со средней температурой 37,5°C, а при 39,0°C сокращалась на 1,7 суток [60, 76, 118]. Следует, однако, учитывать, что циклическое повышение температуры инкубации на 1,7°C с первых часов развития, хотя и повышает термотолерантность вылупившегося молодняка, уже со второго поколения приводит к достоверному снижению выводимости и увеличению эмбриональной смертности [59, 140].

Равномерное распределение тепла и влаги по камере обеспечивается многоточечными датчиками и алгоритмами автоматической балансировки, перераспределяющими потоки воздуха [39]. Стабильная температура (в пределах $\pm 0,3^\circ\text{C}$ от заданной) и достаточная влажность (52–58% в основной период инкубации перепелов) являются основными факторами нормального эмбрионального развития [106]. При повышенной плотности размещения яиц в инкубаторе возрастает риск локального накопления углекислого газа, что требует постоянного контроля газового состава воздуха. Для перепелов, как показали исследования, критичным является даже относительно небольшое отклонение температуры — уже $\pm 1,5^\circ\text{C}$ от норматива 37,6°C приводит к резкому снижению вывода [111]. Современные портативные газоанализаторы позволяют строить профиль концентрации CO₂ по ярусам и своевременно корректировать вентиляцию [39].

Согласно классическому обзору Wilson (1991), масса суточного птенца составляет 62–78 % от исходной массы яйца, причём каждый дополнительный грамм яйца даёт прирост живой массы бройлера на 2–13 г [49, 50, 143]. Средние по массе яйца выводятся лучше, чем очень крупные или очень мелкие; крупные яйца требуют более длительной инкубации [95]. Для перепелов оптимум массы инкубационного яйца находится в пределах 12–14 г; использование яиц массой менее 10 г или более 16 г сопровождается снижением выводимости на 15–20 % по сравнению со средними значениями. Установлено также, что масса яйца влияет не только на результаты

инкубации, но и на последующие продуктивные качества птицы: перепелята, полученные из более крупных яиц, обладают повышенной энергией роста и в дальнейшем характеризуются лучшей мясной продуктивностью [3, 4, 25]. Крупные яйца выделяют больше метаболического тепла и усиливают зональные перепады CO_2 в инкубаторе [110]. При закладке разноразмерных яиц на разные ярусы с учётом градиентов температуры и газового состава можно повысить однородность вывода и последующую выравненность поголовья по живой массе [53].

Santos с соавт. (2015) на европейских перепелах показали, что оптимальный возраст несушек для получения инкубационных яиц составляет 140 дней. В этом возрасте яйценоскость достигает 91,94%, средняя масса яйца — 13,43 г, выводимость оплодотворённых яиц — 91,02%, а масса суточного перепелёнка — 9,85 г. У старых перепелов (270 дней) выводимость снижается до 85,52%, масса птенцов — до 9,04 г, при этом фертильность во всех возрастах сохраняется на уровне 92–95%. Интересно, что максимальное количество сперматозоидов в перивителлиновой мембране (12,20 на мм^2) наблюдается при спаривании молодых самок (85 дней) со старыми самцами (140 дней), что указывает на сложный характер влияния возраста родителей на репродуктивные показатели [89]. В работе Гупало с соавт. (2020) на перепелах породы фараон установлено, что с увеличением возраста несушек от 10 до 34 недель количество неоплодотворённых яиц возрастает с 3,5 до 23,8%, вывод перепелят снижается с 83,2 до 61,9%, а выводимость яиц — с 86,2 до 81,3% [22]. Эти изменения авторы связывают с ухудшением качества скорлупы и снижением оплодотворённости. Аналогичные выводы о возрастной деградации качества яиц получены и в более ранних исследованиях Афанасьева с соавт. [3, 4, 25], что позволяет рекомендовать закладку яиц от старых перепелов в инкубатор не позднее 5–7 дней после снесения, тогда как яйца от молодых несушек допустимо хранить до 10–12 дней без существенной потери инкубационных качеств.

Влияние возраста несушек на эмбриогенез также исследовалось Гупало с соавт. (2020). Показано, что с увеличением возраста перепелок породы фараон от 10 до 34 недель количество неоплодотворённых яиц возрастает с 3,5% до 23,8%, а вывод перепелят снижается с 83,2% до 61,9%. Выводимость яиц снижается с 86,2% в 10 недель до 81,3% в 34 недели, что связано с ухудшением качества скорлупы и снижением оплодотворённости [22]. Особенности эмбрионального развития мясных пород перепелов были изучены Колокольниковой с соавт. (2021) на породах фараон и тexasский белый. Увеличение срока хранения инкубационных яиц свыше 7 суток сопряжено с достоверным падением выводимости на 8,3–38,2 % и вывода молодняка на 15,7–41,4 %, а также значимо сказывается на развитии внутренних органов эмбрионов ($\eta^2 = 0,541–0,902$, $p < 0,05–0,01$) [40]. Столь выраженное ухудшение инкубационных качеств указывает на особую чувствительность мясных пород перепелов к продолжительности хранения яиц и диктует необходимость строгого соблюдения рекомендуемых сроков закладки наряду с поддержанием стабильного микроклимата [10, 28, 51].

Породная специфика проявляется и в реакции на колебания инкубационных параметров. По сравнению с куриными, перепелиные яйца обладают заметно более тонкой скорлупой (0,18–0,22 мм против 0,30–0,35 мм) и повышенной пористостью (120–150 пор на см² против 80–100), что делает их уязвимыми к отклонениям температуры и влажности уже с первых этапов эмбриогенеза [25, 106]. Это обстоятельство требует прецизионного контроля среды на протяжении всей инкубации.

Генетически обусловленные породные различия перепелов оказывают существенное влияние на их продуктивные и воспроизводительные качества. Гальперн (2015) в обзоре селекционно-генетических проблем развития яичного и мясного птицеводства подчёркивает, что дальнейший прогресс в отрасли невозможен без использования современных методов генетического анализа и целенаправленной селекции на повышение продуктивности и

устойчивости к неблагоприятным факторам среды [26]. Щербатов и Бачинина (2021) показали, что морфологические показатели и качество яиц перепелов разных пород достоверно различаются: например, яйца эстонской яичной породы отличаются меньшей упругой деформацией и более прочной скорлупой по сравнению с японской породой, что способствует лучшей выводимости при колебаниях влажности [105]. Зотов с соавт. (2022) установили, что качество инкубационных яиц и суточного молодняка перепелов породы радонежские зависит от возраста несушек и массы яиц, причём оптимальные показатели выводимости достигаются при использовании яиц средней массы [39]. Помимо физических характеристик яиц, важное значение имеют генетически обусловленные породные особенности перепелов, определяющие их продуктивные и воспроизводительные качества. В работах Афанасьева с соавт. (2013–2015) показано, что перепела бройлерного типа (породы фараон и техасский белый) характеризуются более высокой энергией роста и мясной продуктивностью по сравнению с яичными породами, однако уступают им по воспроизводительным качествам [3, 7, 25]. Гогаев с соавт. (2016) при сравнительной характеристике мясной продуктивности перепелов разных пород установил, что наиболее высокими показателями обладают перепела породы фараон, что делает их предпочтительными для промышленного выращивания на мясо [65]. Глинкина и Стебенева (2011) показали, что яичная продуктивность перепелов различных генотипов существенно варьирует, причём наилучшие показатели яйценоскости отмечены у японской породы [29, 48]. Дымков и Фисинин (2022) провели породную дифференциацию перепелов по морфологическим признакам яйца и выявили достоверные различия между породами по массе, форме и качеству скорлупы яиц [34]. Полученные данные подчёркивают необходимость дифференцированного подхода к инкубации яиц разных пород перепелов с учётом их генетических особенностей. Сравнительная характеристика биофизических качеств яиц,

выполненная Васильевой с соавт. (2015), показала, что даже внутри одного вида существуют породные различия: яйца эстонской яичной породы отличаются достоверно меньшей упругой деформацией ($22,89 \pm 0,66$ мкм против $27,57 \pm 0,45$ мкм у японской, $p \leq 0,001$) и, следовательно, более прочной скорлупой, что способствует лучшей выводимости при неизбежных колебаниях влажности в инкубаторе [19]. Гибридные линии мясных бройлеров, выведенные для интенсивного выращивания, в целом обладают несколько большей термотолерантностью к умеренным отклонениям параметров среды, однако в промышленных масштабах для полной реализации их генетического потенциала необходима высокая стабильность микроклимата [14, 17, 20, 24, 35, 48, 55].

Современные инкубационные комплексы оснащаются распределёнными датчиками температуры, влажности, а также концентрации CO_2 и O_2 , что позволяет в реальном времени отслеживать параметры воздушной среды в различных зонах инкубатора. Данные с датчиков поступают на центральный контроллер, который с помощью алгоритмов машинного обучения (в частности, нейронных сетей) способен анализировать показатели за предыдущий час и прогнозировать возможные отклонения микроклимата на ближайший час, заблаговременно корректируя работу нагревателей, увлажнителей и вентиляции. Современные инкубационные комплексы оснащаются распределёнными датчиками температуры, влажности и газового состава, что позволяет отслеживать параметры воздушной среды в реальном времени по зонам камеры. Центральный контроллер, опираясь на алгоритмы машинного обучения (в частности, нейросетевые модели), не только фиксирует текущие отклонения, но и прогнозирует их развитие на ближайший час, заранее корректируя работу нагревателей, увлажнителей и вентиляции. Практическим подтверждением эффективности такого подхода служит инкубатор для перепелиных яиц, описанный Utomo с соавт. (2022): встроенная IoT-система выводит камеру на

целевые 39,0 °C и 65 % влажности в течение 26–37 минут в зависимости от стартовых условий, а итоговый вывод перепелят достигает 91 % [115]. Хотя точность поддержания уставок в подобных системах ограничена десятными долями градуса и единицами процентов влажности [45], даже такой уровень контроля обеспечивает рост выводимости до 85–90 % против 55–70 %, характерных для ручного управления [30]. Дальнейшим развитием этой архитектуры стала предложенная Довлатовым и Юфревым (2018) автоматизированная система с зональными датчиками, адаптивными алгоритмами и обратной связью по теплопродукции лотков [45].

Возможности IoT не ограничиваются оперативным контролем температуры и влажности: системы такого класса накапливают значительные массивы данных, пригодные для последующего анализа и построения прогнозных моделей инкубации [82]. Так, в «умном» инкубаторе для перепелиных яиц, созданном Kumar (2018) на платформе Arduino, реализован удалённый мониторинг параметров через VNC-клиент, а по результатам закладки 490 яиц в течение 17 суток вывод нормальных перепелят достиг 87,55 % [82]. Один из ключевых факторов, напрямую влияющих на успех инкубации, — продолжительность хранения яиц до закладки. Wilson (1991) отмечал, что максимальный вывод достигается при закладке в первые сутки после снесения, а после десяти дней хранения показатели резко падают [95]. Применительно к перепелам оптимальным признано хранение не дольше пяти суток при 12–15 °C и относительной влажности 75–80 %; продление этого срока до 14 суток оборачивается снижением выводимости оплодотворённых яиц с 92,1 до 88,1 % у старых несушек и с 91,6 до 80,7 % у молодых [101].

Однако одних морфологических критериев для надёжного прогноза недостаточно. Более полную картину даёт биологический контроль непосредственно в ходе эмбриогенеза: он позволяет выявить не только скрытые дефекты самих яиц, но и сбои в работе инкубационного

оборудования — например, некорректные показания датчиков температуры или влажности. Отслеживание в динамике таких параметров, как потеря массы яйца, развитие аллантаиса и размер воздушной камеры, даёт возможность своевременно корректировать температурно-влажностный режим и предотвращать эмбриональную смертность [44]. Малородов В.В. и Козлов Б.К. (2023) убедительно показали, что даже умеренное отклонение температуры от оптимума оставляет характерные следы в развитии эмбриона, хорошо различимые при овоскопировании и вскрытии [111]. Наконец, дополнительным резервом служит калибровка яиц по массе перед закладкой и последующее выращивание молодняка в равновесовых сообществах — этот приём повышает однородность поголовья и улучшает итоговые продуктивные качества перепелов [11, 12, 52, 53].

В работе Abou-Kassem с соавт. (2024) на японских перепелах было убедительно показано, что оптимальный баланс между выводимостью и последующей продуктивностью достигается при использовании яиц средней (11–12 г) или крупной (>12 г) массы и сроках хранения не более четырёх суток. Хранение до 7–10 дней приводило к достоверному снижению выводимости оплодотворённых яиц (с 78–79% до 73–77%) и ухудшению конверсии корма у полученного молодняка. Любопытно, что из крупных яиц выводились птенцы с наибольшей живой массой, однако наилучшая оплата корма приростом наблюдалась у потомства от яиц средней весовой категории [110].

Окислительный стресс рассматривается как один из ведущих биохимических механизмов, через который неблагоприятные факторы внешней среды (в том числе отклонения температуры и влажности) оказывают негативное влияние на развивающийся эмбрион. Включение в рацион несушек антиоксидантов, таких как витамин Е и селен, способствует повышению устойчивости эмбрионов к температурным колебаниям за счёт стабилизации клеточных мембран и снижения уровня свободных радикалов.

Ряд исследований указывает на потенциальную эффективность других биологически активных соединений — полиаминов, аскорбиновой кислоты и бетаина — в смягчении последствий теплового стресса у цыплят, однако их действие на эмбрионы перепелов изучено недостаточно. Перспективным направлением считается также обработка скорлупы экзогенными антиоксидантами (например, экстрактом розмарина), что, по некоторым данным, может снижать эмбриональную смертность, однако эти сведения носят предварительный характер и требуют дальнейшей экспериментальной проверки. Коррекция окислительного стресса у перепелов может осуществляться через кормовые добавки [33, 35, 42, 67, 77, 128-131], корректировки уровня сырого протеина [56, 62] и применения ограниченного кормления [37, 68, 78, 79, 132]. Определённый вклад в повышение устойчивости эмбрионов к неблагоприятным факторам среды может вносить и коррекция рациона. Так, обогащение кормов пробиотическими препаратами на основе транзиторных бактерий (Ветом 1) и дрожжевых культур (NanoBiotic) сопровождается нормализацией гематологических показателей и снижением уровня холестерина, что косвенно свидетельствует о росте общей стрессоустойчивости организма [21, 58, 114, 137, 138]. Добавки селена (препарат Сел-Плекс в дозе 0,15 мг/кг корма) улучшают энергетический обмен и усиливают антиоксидантную защиту организма [4], взаимодействуя с микрофлорой желудочно-кишечного тракта [133-135].

Не менее значимым для практики инкубации остаётся управление газовым составом воздушной среды с учётом стадии эмбрионального развития. В первые пять суток потребление кислорода эмбрионом минимально, однако по мере роста оно стремительно нарастает и достигает пика к 18–19-м суткам. В выводной период (20–21-е сутки) интенсивность дыхания несколько снижается, тогда как выделение углекислого газа сохраняется на высоком уровне. Эта динамика диктует необходимость гибкого регулирования воздухообмена: от умеренной вентиляции на старте

инкубации до максимальной — на заключительных этапах. Перепелиные яйца характеризуются более тонкой скорлупой: её толщина у различных пород колеблется в пределах 180–275 мкм (у японской породы — 225 ± 5 мкм, у эстонской яичной — 260 ± 3 мкм), тогда как у кур этот показатель составляет 300–350 мкм [19]. Более высокая пористость скорлупы перепелиных яиц обеспечивает интенсивный газообмен, но одновременно делает их крайне чувствительными к колебаниям влажности: при повышенной влажности поры закупориваются, что затрудняет поступление кислорода и может приводить к гипоксии эмбриона, а при пониженной — происходит чрезмерная потеря воды, сгущение белка и затруднение движений эмбриона внутри яйца [106].

В процессе инкубации происходит постепенное формирование аллантаиса — эмбриональной дыхательной системы, которая берёт на себя функцию газообмена между развивающимся зародышем и внешней средой. На 5–6-е сутки инкубации аллантаис начинает функционировать, а к 10–11-м суткам полностью охватывает внутреннюю поверхность скорлупы и всё содержимое яйца.

Помимо условий инкубации, на развитие мышечной ткани и последующую продуктивность перепелов существенное влияние оказывают кормовые факторы в ранний постэмбриональный период. Nadad с соавт. (2014) в сравнительном исследовании оперённых и голошеих бройлеров при оптимальной и повышенной температуре содержания показали, что тепловой стресс по-разному влияет на выход грудных мышц и качество мяса в зависимости от генетических особенностей птицы [21, 66, 108]. Halevy с соавт. (2003) продемонстрировали, что ранний доступ к корму после выведения стимулирует пролиферацию сателлитных клеток и ускоряет рост скелетных мышц у индюшат [92, 93]. Определённые перспективы открывает и применение пробиотиков — например, препарат Спорметрин, уже зарекомендовавший себя в ветеринарии для профилактики воспалительных

заболеваний, может найти применение в перепеловодстве для повышения сохранности и продуктивности [119].

Однако, какими бы качественными ни были яйца и как бы тщательно ни была подготовлена птица, решающим рубежом остаётся собственно инкубация. Переломный момент наступает, когда эмбрион переходит от диффузного дыхания к активному газообмену через поры скорлупы. Именно в этот период условия в инкубаторе становятся наиболее критичными: недостаток кислорода или накоплени избыточных концентраций углекислого газа аллантоис недоразвивается, что неизбежно ведёт к гибели эмбриона. Экономические потери от неоптимальной инкубации складываются из нескольких составляющих: прямые потери от гибели эмбрионов, снижение выхода кондиционного молодняка, ухудшение продуктивных качеств выживших особей. По оценкам, даже относительно небольшое снижение выводимости на 5% на инкубатории мощностью 1 млн яиц в год способно привести к существенным финансовым убыткам [15]. В то же время внедрение современных технических решений для оптимизации микроклимата, таких как частотные преобразователи для вентиляторов или датчики углекислого газа, позволяет значительно сократить эксплуатационные затраты. Например, применение датчика CO₂ для управления минимальной вентиляцией окупается менее чем за 6 месяцев, а использование частотных преобразователей — в течение одного года [38, 113].

В мировой практике известны примеры успешного внедрения систем прецизионного контроля микроклимата в инкубаториях. В частности, в Голландии на предприятии «HatchTech» применяется одноступенчатая система инкубации, при которой каждая партия яиц находится в отдельной камере с независимым регулированием температуры, влажности и газового состава. Такой подход позволяет индивидуально подбирать режим инкубации с учётом возраста несушек, массы яиц и сезона, что способствует

достижению стабильно высокой выводимости на уровне 92–94%. В России подобные системы только начинают внедряться, и их эффективность в условиях отечественных перепеловодческих хозяйств требует дополнительных исследований. Таким образом, анализ литературы показывает, что оптимизация микроклимата в инкубаторах служит одним из основных резервов повышения выводимости перепелиных яиц и качества суточного молодняка. Накопленные к настоящему времени данные свидетельствуют о том, что для перепелов и бройлеров разработаны дифференцированные режимы температуры и влажности, причём перепелиные яйца более чувствительны к влажностным градиентам, тогда как бройлерные — к температурным [71, 98]. Внедрение автоматизированных систем контроля позволяет снизить вариабельность микроклиматических параметров и тем самым способствует повышению выводимости. Дополнительным резервом является оптимизация предынкубационного хранения и обработки яиц с учётом возраста несушек и породных особенностей.

Вместе с тем, несмотря на то что в литературе достаточно подробно освещена роль массы яйца и газовых градиентов (особенно CO_2) в инкубаторе, практически отсутствуют рекомендации по размещению яиц разной массы на разных ярусах с учётом зонального распределения углекислого газа. В связи с этим в первом опыте настоящей работы нами изучена эффективность калибровки перепелиных яиц по массе (крупные, средние, мелкие) при инкубации на верхнем, среднем и нижнем ярусах, а также оценена динамика концентрации CO_2 в зависимости от ярусности и срока инкубации [53, 110].

Помимо оптимизации микроклиматических параметров, важным резервом повышения продуктивности перепеловодства является селекционно-племенная работа, направленная на улучшение генетического потенциала птицы. Так, в работах Бачининой (2023, 2024) разработан новый

селекционный приём раннего прогнозирования яйценоскости и отбора перепелов на основе морфологических показателей яиц и предынкубационной обработки ультрафиолетом [5, 7, 61, 71, 95]. Исследования Бидеева (2015) показали, что возрастные изменения биохимических показателей крови перепелов разных пород коррелируют с их яичной продуктивностью, причём максимальная яйценоскость достигается в возрастном интервале 30–40 недель [9, 10]. В свою очередь, Бобылёва (2019) отмечает, что в целом по стране птицеводческая отрасль демонстрирует устойчивый рост, и достижение намеченных целей по производству мяса птицы и яиц требует комплексного подхода, включающего как технологические, так и селекционные инновации [13, 30-32, 36, 41, 64, 106, 142].

1.2. Влияние качества подстилки на создание оптимального микроклимата в птичниках

Подстилочный материал в птичнике выполняет санитарно-гигиеническую функцию и непосредственно участвует в формировании микроклимата. От его теплопроводности, влагоёмкости, способности сорбировать газы, структуры и химического состава зависят температура прикорневой зоны, концентрация аммиака, относительная влажность воздуха, бактериальная обсеменённость и запылённость. В промышленном птицеводстве применяют различные виды подстилки: солому злаковых культур, древесные стружки (как крупной, так и мелкой фракции), стружку, рисовую шелуху, торф, лузгу подсолнечника и измельчённые початки кукурузы. Выбор конкретного материала и его толщины должен учитывать климатические условия региона, тип и мощность системы вентиляции, плотность посадки, возраст и вид птицы, поскольку от этих факторов напрямую зависят продуктивность и здоровье поголовья. В частности,

использование мелких древесных опилок вместо рисовой шелухи позволяет улучшить конверсию корма (1,53 против 1,77 кг/кг прироста) и снизить частоту пододерматита, тогда как увеличение плотности посадки с 15 до 23 гол./м² приводит к достоверному снижению конечной живой массы бройлеров с 2,95 до 2,44 кг [54, 97, 100, 108].

Химический состав подстилочного материала определяет его сорбционную способность и устойчивость к разложению. Растительные остатки, используемые в качестве подстилки (солома, стружки, торф), содержат целлюлозу, гемицеллюлозу и лигнин в различных соотношениях. При увлажнении эти компоненты подвергаются гидролизу, что может приводить к образованию органических кислот и снижению pH подстилки. Древесные стружки, благодаря более высокому содержанию лигнина, разлагаются медленнее, чем солома, однако их влагопоглощающая способность несколько ниже. Добавление в подстилку цеолита способствует связыванию ионов аммония и снижению выделения аммиака, что положительно сказывается на микроклимате птичника [81].

Толщина слоя подстилочного материала оказывает существенное влияние на состояние микроклимата в птичнике и здоровье птицы. Исследования на бройлерах показывают, что для эффективного контроля влажности и снижения частоты пододерматита глубина подстилки должна составлять не менее 7,6 см: при слое 2,5 см влажность подстилки к 21-м суткам достигает 38,9%, тогда как при 7,6 и 12,7 см она удерживается на уровне 29,7–29,9% [79]. Для бройлеров минимально достаточной признана глубина 7,6 см, обеспечивающая контроль влажности и снижение частоты пододерматита [79]. Для перепелов, с учётом их меньшей живой массы и особенностей поведения [83], оптимальной оказалась глубина 5 см, при которой достигается наилучшее сочетание сохранности, конверсии корма, состояния подошвы стоп и экономической эффективности. Увеличение слоя сверх рекомендованных значений не только не улучшает зоогигиенические

показатели, но и ведёт к дополнительным затратам на подстилочный материал и ухудшению качества среды обитания птицы. Помимо толщины слоя, на состояние подстилки и, как следствие, на микроклимат помещения существенное влияние оказывают её влажность, микробиологический состав и интенсивность выделения аммиака — эти аспекты будут рассмотрены далее.

Влажность подстилки является одним из ключевых параметров, определяющих её санитарно-гигиеническое состояние и влияющих на здоровье птицы. Чрезмерное увлажнение подстилочного материала создаёт благоприятные условия для развития патогенной микрофлоры и увеличивает интенсивность выделения аммиака. Регулировать этот показатель позволяет, в частности, варьирование толщины слоя. Так, на бройлерах Shepherd с соавт. (2017) показали, что увеличение глубины подстилки с 2,5 до 7,6 см и выше заметно снижает её влажность: если при минимальном слое она достигала 38,9 %, то при 7,6 и 12,7 см удерживалась в пределах 29,7–29,9 % [79].

Главным токсичным продуктом разложения помёта в птичниках остаётся аммиак. При напольном содержании его концентрация нередко достигает 40–50 ppm, что в разы превышает общепринятые нормативы (15–20 ppm). Уже при 25 ppm у цыплят регистрируют замедление роста примерно на 12 %, а повышение до 50 ppm вызывает кератоконъюнктивит у 60 % поголовья [67]. Перепела переносят аммиачное загрязнение не менее тяжело: критическим для них считается порог 15–20 ppm, превышение которого оборачивается падением яйценоскости на 8–10 %, ухудшением качества скорлупы (упругая деформация возрастает на 2–3 мкм) и ростом падежа на 4–7 % [81]. Более того, даже длительное воздействие субкритических концентраций (10–15 ppm) подрывает иммунитет птицы: ответ на вакцинацию против болезни Ньюкасла ослабевает на 20–25 % [67]. Острота проблемы признаётся и на уровне международных регламентов. Oliveira с соавт. (2021) обращают внимание, что руководство по выращиванию

бройлеров Cobb предписывает удерживать уровень аммиака не выше 10 ppm, тогда как бразильский стандарт NR-15 ограничивает экспозицию работников 20 ppm в течение рабочей недели [82].

Для снижения концентрации аммиака в воздухе птичников применяют различные сорбенты, среди которых наиболее широко известен цеолит. Благодаря своей пористой структуре и ионообменным свойствам, цеолит способен связывать ионы аммония, образующиеся при разложении помёта, и тем самым уменьшать выделение аммиака в окружающую среду [74]. Кроме того, внесение цеолита в подстилку способствует адсорбции избыточной влаги, что косвенно подавляет развитие уреазопродуцирующей микрофлоры. В исследованиях на бройлерах отмечено, что использование цеолита позволяет существенно сократить эмиссию аммиака, однако конкретные цифры эффективности варьируют в зависимости от дозировки, типа цеолита и условий содержания птицы.

Помимо цеолита, в качестве подстилочных материалов и добавок изучались и другие субстраты. Lien с соавт. (1998) исследовали возможность использования арахисовой шелухи в качестве подстилки для ремонтного молодняка бройлеров и установили, что она не уступает традиционной сосновой стружке по влиянию на продуктивность и состояние птицы [128]. Grimes с соавт. (2006) показали, что композитная подстилка из хлопковых отходов, гипса и газетной бумаги может успешно применяться при выращивании бройлеров, обеспечивая приемлемые зоогигиенические условия и снижая затраты на утилизацию отходов [107]. Mayne (2005) в обзоре, посвящённом этиологии пододерматита у индеек и бройлеров, подчеркнул, что качество подстилочного материала (влажность, pH, содержание аммиака) является ключевым фактором риска развития этого заболевания, что делает контроль состояния подстилки важнейшей задачей для производителей [121]. Юферев и Селезнева (2019, 2022) разработали и испытали комбинированную электроустановку для обеспыливания и

обеззараживания воздуха в птичниках, использующую озono-ионную технологию, что позволяет снизить микробную обсеменённость и концентрацию вредных газов в зоне дыхания птицы и обслуживающего персонала [102]. Применение таких систем в сочетании с оптимальным подбором подстилочных материалов создаёт синергетический эффект, значительно улучшая санитарно-гигиенические параметры воздушной среды.

В перепеловодстве также изучалась возможность применения минеральных добавок к подстилке. В частности, в опытах Mohammed с соавт. (2017) показано, что использование подстилки с добавлением диатомита (10% от массы) способствует снижению её влажности и уменьшению бактериальной обсеменённости [123]. В целом, применение цеолита и аналогичных материалов рассматривается как перспективный приём улучшения микроклимата в птичниках, однако для перепелов требуется дополнительное накопление экспериментальных данных для разработки научно обоснованных рекомендаций по дозировкам и способам внесения. В недавнем исследовании Етам с соавт. (2023) было показано, что добавление 20% природного цеолита в подстилку из пшеничной соломы при выращивании японских перепелов способствует снижению концентрации аммиака, улучшению температурно-влажностного режима и, как следствие, повышению показателей роста и нормализации биохимических параметров крови [113]. Также на продуктивность перепелов оказывают влияние фаза выращивания и плотность посадки [80, 81, 131, 133, 136].

Влияние подстилки на здоровье конечностей особенно важно для бройлеров, быстро набирающих массу (до 55–65 г в сутки). Пододерматит (поражение подошвы стоп) является распространённой проблемой при использовании влажной или уплотнённой подстилки [79]. Патогенез заболевания связан с длительным контактом кожи с аммиаком и влажной поверхностью, что приводит к некрозу эпидермиса, образованию язв и проникновению условно-патогенной микрофлоры. В опытах на перепелах

маньчжурской породы установлено, что при глубине подстилки 5 см подошва стоп оставалась чистой, без ран и наростов, тогда как при глубине 7 и 10 см отмечались мелкие раны и прилипший влажный помёт. Это связано с образованием твёрдой корки на верхнем слое подстилочного материала при большей толщине, что ухудшает его влагопоглощающую способность и затрудняет естественное перемешивание материала ногами птицы. При глубокой подстилке замедляется высыхание помёта, что создаёт предпосылки для развития нежелательной микрофлоры и ухудшения зоогигиенической обстановки в птичнике.

Для снижения негативного воздействия подстилки на здоровье птицы применяют периодическое рыхление, а также внесение пробиотических и ферментных добавок. Рыхление способствует улучшению аэрации нижних слоёв подстилки, что замедляет развитие анаэробной микрофлоры и снижает интенсивность выделения аммиака. Снизить интенсивность выделения аммиака из подстилки помогают пробиотические препараты. Штаммы *Bacillus subtilis*, в частности, подавляют уреазопродуцирующую микрофлору, конкурируя с ней за питательные субстраты, а выделяемые ими протеолитические ферменты ускоряют разложение помёта. Кроме того, пробиотики способствуют поддержанию pH подстилки на уровне, некомфортном для патогенов [79]. В опытах на перепелах внесение диатомита (10 % от массы подстилочного материала) позволило улучшить качество подстилки за счёт снижения её влажности и бактериальной обсеменённости [81]. В целом и пробиотики, и минеральные добавки рассматриваются как перспективный инструмент оздоровления микроклимата, однако их реальная отдача сильно варьирует в зависимости от дозировки, состава препарата и конкретных условий содержания.

Не менее значимым остаётся контроль газового состава воздуха и содержания вредных примесей. Исследования Кангас с соавт. (1987) показали, что длительное воздействие субкритических концентраций

вредных газов в животноводческих помещениях приводит к развитию хронических респираторных заболеваний у обслуживающего персонала и снижению продуктивности птицы [117]. Современные технические решения, такие как комбинированные электроустановки для обеспыливания и обеззараживания воздуха, позволяют значительно улучшить санитарно-гигиенические показатели воздушной среды в птичниках [102]. Применение озono-ионной обработки воздуха в закрытых помещениях для содержания животных и птицы способствует снижению бактериальной обсеменённости и концентрации вредных газов [102, 139]. Эффективность дезинфицирующего озонирования инкубационных яиц и воздуха в птичниках подтверждена экспериментально: обработка озоном снижает микробную нагрузку и улучшает выводимость яиц [91, 99].

Современные системы мониторинга микроклимата, построенные на базе технологий IoT, позволяют в режиме реального времени контролировать ключевые параметры воздушной среды в птичнике в режиме реального времени контролировать ключевые параметры. Например, программно-аппаратный комплекс BigFarmNet Manager (Big Dutchman) объединяет управление микроклиматом, кормлением и водоснабжением в единую сеть с возможностью удалённого доступа и анализа данных, а система диспетчеризации CONTROL-2012 (ООО «Микроэл») обеспечивает беспроводной сбор информации с частотой опроса раз в минуту и автоматическую рассылку SMS-оповещений при авариях. Датчики, размещённые в различных зонах помещения, передают информацию на центральный контроллер, который с помощью адаптивных алгоритмов анализирует поступающие данные и автоматически корректирует работу вентиляции, отопления, увлажнителей и другого оборудования для поддержания заданных параметров [45]. Важным элементом таких систем является оценка фактической производительности вентиляторов в производственных условиях. Исследования Casey с соавт. (2008) показали,

что загрязнение лопастей и жалюзи вентиляторов после одного тура выращивания бройлеров снижает воздухообмен в среднем на 16,3%, а после двух туров без очистки — уже на 23,5% [126]. Аналогично, ослабление или износ приводных ремней может приводить к падению производительности вентилятора на 30–60% [90]. Таким образом, внедрение автоматизированных систем контроля позволяет не только стабилизировать параметры среды, но и своевременно выявлять отклонения в работе оборудования, что в конечном счёте способствует повышению продуктивности и сохранности поголовья.

Экономическая эффективность внедрения современных технологий управления микроклиматом и оптимизации параметров подстилки зависит от масштаба производства и выбранных технических решений. В бройлерном птицеводстве применение частотных преобразователей для управления вентиляторами окупается в течение одного года, а установка датчиков CO₂ для оптимизации минимальной вентиляции — менее чем за 6 месяцев. Для крупных птицеводческих предприятий внедрение комплексных систем автоматизации и композитных подстилочных материалов также может быть экономически оправданным, однако конкретные сроки окупаемости варьируют в широких пределах и требуют расчёта применительно к конкретным условиям хозяйства. Для малых перепеловодческих ферм полная замена традиционных материалов на дорогостоящие композиты может оказаться менее рентабельной, и в таких случаях целесообразен поэтапный переход с приоритетным улучшением микроклимата в наиболее критичных зонах содержания птицы. Методы утилизации использованной подстилки оказывают существенное влияние на экологическую безопасность птицеводческих предприятий. В рамках ресурсосберегающих технологий в промышленном птицеводстве рассматриваются различные подходы к переработке отходов, включая компостирование с получением органического удобрения и анаэробное сбраживание для производства биогаза, который может использоваться для отопления и горячего водоснабжения фермы [18,

47, 120, 129]. Выбор конкретного метода утилизации определяется объёмами производства, доступностью технологий и действующими экологическими нормативами.

Таким образом, анализ литературы показывает, что подстилочные материалы и толщина их слоя оказывают существенное влияние на формирование микроклимата в птичнике и продуктивные показатели птицы. Для бройлеров минимально достаточной признана глубина подстилки 7,6 см, обеспечивающая контроль влажности и снижение частоты пододерматита [79]. Увеличение слоя сверх рекомендованных значений ведёт к образованию твёрдой корки на поверхности, ухудшению влагопоглощающей способности и, как следствие, снижению зоогигиенических показателей. Критически важными параметрами, определяющими качество подстилки, являются её влажность и интенсивность выделения аммиака, для контроля которых применяются периодическое рыхление, внесение сорбентов и пробиотических препаратов, а также современные системы мониторинга микроклимата на базе IoT [45, 81].

Несмотря на наличие экспериментальных данных по глубине подстилки для перепелов, исследования, сравнивающие различные материалы (в том числе композитные с добавлением цеолита и диатомита) применительно к перепеловодству, остаются единичными. Во втором опыте настоящей работы проведено сравнение трёх вариантов глубины подстилки из древесных опилок (5, 7 и 10 см) с оценкой мясной продуктивности, сохранности, состояния подошвы стоп и рентабельности производства мяса перепелов [58].

1.3. Микроклиматическая зональность в птицеводстве

Температура, влажность и газовый состав воздушной среды в инкубаторе распределены неравномерно: их значения закономерно

изменяются от яруса к ярусу и от центра камеры к её периферии. Основной причиной этого является естественная конвекция — тёплый воздух, имеющий меньшую плотность, поднимается вверх, вследствие чего верхние лотки с яйцами оказываются теплее нижних. Экспериментальные данные показывают, что в промышленных инкубаторах разница температур между крайними ярусами может достигать 1,0–1,5°C, а в моделях с недостаточно эффективной принудительной вентиляцией — до 2,0°C. Подобная вертикальная стратификация воздушных масс приводит к тому, что эмбрионы, находящиеся на разных уровнях, развиваются с неодинаковой скоростью: на верхних, более тёплых ярусах эмбриогенез ускоряется, тогда как на нижних, более холодных — замедляется. Как следствие, вывод молодняка растягивается на сутки и более, а полученное поголовье характеризуется значительной разнородностью по живой массе, что в дальнейшем негативно сказывается на продуктивных качествах и сохранности птицы.

Физическая природа этого явления связана с тем, что плотность нагретого воздуха ниже, чем холодного. В результате в верхней части камеры инкубатора формируется зона с более высокой температурой, а в нижней — с более низкой. На величину температурного градиента существенно влияют конструктивные особенности конкретной модели инкубатора: расположение нагревательных элементов, вентиляторов, форма и объём камеры. В большинстве промышленных инкубаторов нагреватели размещены в верхней или боковой части, что усиливает естественную конвекцию и способствует сохранению устойчивой вертикальной стратификации воздуха. В инкубаторах с нижним расположением обогрева градиент может быть обратным — нижние лотки теплее верхних, однако такие конструкции встречаются значительно реже. Неравномерность распределения воздушных потоков в системах вентиляции приводит к формированию застойных (аэростазных) зон с пониженным воздухообменом [122]. В таких участках

могут локально повышаться температура и концентрация вредных газов, включая аммиак и углекислый газ [46, 88]. Образование застойных зон обусловлено особенностями организации вентиляции: воздушные потоки могут «замыкаться» вблизи вентиляторов, не достигая удалённых участков помещения. Снижение производительности вентиляторов из-за загрязнения лопастей и жалюзи (на 16–24% после одного-двух туров выращивания) или ослабления приводных ремней (на 30–60%) усугубляет эту проблему [2]. Аналогичные явления наблюдаются в инкубаторах при высокой плотности размещения яиц, когда мощности вентиляции оказывается недостаточно для равномерного перемешивания воздуха по всему объёму камеры. В этих зонах не только температура отклоняется от заданных значений, но и накапливаются продукты метаболизма эмбрионов, в первую очередь углекислый газ. Для выявления застойных зон на практике применяют визуализацию воздушных потоков (дымовые пробы) или инструментальные измерения скорости воздуха с помощью термоанемометров [14, 103, 125].

В работе Щербатова В.И. с соавторами (2015) экспериментально доказано, что эмбрионы, развивающиеся при периодическом изменении температуры в пределах 36,0–38,6°C с амплитудой $\pm 0,6^\circ\text{C}$, имеют более развитую сосудистую систему по сравнению с эмбрионами, инкубируемыми в термостабильных условиях. кур такая циклическая термоподготовка повышает выводимость на 5,3 %, у уток — на 5,9–10,0 %. Считается, что в основе эффекта лежит активация белков теплового шока (прежде всего Hsp70) и сопутствующая стимуляция ангиогенеза — по сути, искусственное воспроизведение естественного режима насиживания, при котором наседка периодически оставляет гнездо, а яйца временно остывают [71, 98]. Иными словами, небольшие контролируемые перепады температуры не вредят, а напротив, подстёгивают развитие.

Более тонкую картину дают опыты на японском перепеле. Ben-Ezra и Burness (2017) показали, что циклический режим со средней температурой

36,0 °C, но с периодическими подъёмами до 37,5 °C и падениями до 28,0 °C, позволяет почти полностью компенсировать метаболическое торможение, вызванное постоянным холодом. Эмбриональное развитие в таком режиме протекает нормально, однако масса и размеры взрослой птицы до уровня контроля (37,5 °C) так и не восстанавливаются [86]. Этот результат отчётливо показывает: на конечный фенотип влияет не только средний уровень температуры, но и сам рисунок её колебаний в ходе инкубации.

Полученные результаты подтверждают, что не только абсолютное значение, но и характер колебаний температуры инкубации способны программировать физиологические особенности взрослых особей [94]. Данные Vitorino Carvalho с соавт. (2020) указывают на то, что последствия теплового воздействия в эмбриогенезе могут проявляться у самок и самцов по-разному. У самок, прошедших температурную обработку, в 35-суточном возрасте отмечалась пониженная температура неоперённых участков ног, участвующих в теплоотдаче, а также повышенное содержание кислорода в крови. При последующем тепловом стрессе эти самки иначе реагировали на перегрев, что свидетельствует о долговременной перестройке системы терморегуляции, заложенной ещё на стадии эмбрионального развития [104]. Дальнейшее углубление в клеточные механизмы было предпринято Thorat с соавт. (2025), которые исследовали митохондриальное дыхание и активность цитратсинтазы (маркёра содержания митохондрий) в сердце и печени эмбрионов перепела при постоянных температурах 36,0°C, 37,5°C и 39,0°C. Установлено, что при 39,0°C окислительное фосфорилирование (OXPHOS) в митохондриях сердца было на 35% выше, чем при 36,0°C, а активность цитратсинтазы на 13-е сутки инкубации — на 26% выше по сравнению с «холодной» группой. К моменту вылупления, однако, у птенцов из группы 36,0°C активность цитратсинтазы оказалась выше, чем в остальных группах, что свидетельствует об отсроченной компенсаторной активации митохондриального биогенеза. Эти результаты демонстрируют, что даже

постоянные, но различающиеся по абсолютному значению температуры инкубации способны программировать клеточную биоэнергетику развивающегося организма [111]. Применение циркуляционных вентиляторов уменьшает разницу температур между зонами инкубатора на 40–60% и повышает однородность микроклимата [14, 45]. Вентиляторы создают принудительное движение воздуха, нивелируя естественную конвекцию и обеспечивая выравнивание температуры и влажности по всему объёму камеры. Однако избыточная турбулентность может вызывать нежелательное охлаждение яиц в периферийных зонах, поэтому скорость воздушного потока должна строго контролироваться [45].

Оптимальная равномерность температуры по объёму инкубатора составляет $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$, а целевая температура для большинства видов птицы находится в пределах $37,6\text{--}37,8^{\circ}\text{C}$. Допустимый вертикальный градиент температуры между верхним и нижним уровнями не должен превышать $0,5^{\circ}\text{C}$. Достижение таких значений требует регулярной калибровки датчиков в каждой зоне. Для перепелов требования к равномерности температурного поля ещё жёстче: значительные градиенты между лотками приводят к растянутому выводу и снижению однородности суточного молодняка [111, 130]. Более того, последствия нестабильности микроклимата в инкубаторе не ограничиваются лишь снижением выводимости и неоднородностью поголовья. Исследования показывают, что даже кратковременное воздействие субоптимальных температур на эмбрион может вызывать долгосрочные функциональные нарушения. В частности, Belnap с соавт. (2019) экспериментально доказали, что отклонение температуры инкубации всего на $\pm 0,6^{\circ}\text{C}$ от оптимального значения ($37,5^{\circ}\text{C}$) в течение четырёх суток (с 5-го по 8-й день эмбриогенеза) приводит к значительному ухудшению локомоторной координации у вылупившихся перепелят: увеличивается вариабельность длины шага, повышается частота падений, а в случае пониженной температуры ($36,9^{\circ}\text{C}$) также снижается масса тела и задерживается

вылупление. В исследовании Collin с соавт. (2007) на бройлерах было показано, что кратковременное (по 3 часа в сутки) повышение температуры инкубации до 39,5°C в поздний эмбриональный период (E16–E18) приводит к увеличению выхода грудных мышц у самок (на 0,3 п.п. по сравнению с контролем), однако не обеспечивает долгосрочного повышения термотолерантности и даже увеличивает смертность при последующем тепловом стрессе [147]. По некоторым данным, разница во времени вылупления более 8 часов может приводить к снижению живой массы в 7-суточном возрасте и повышению отхода в первую неделю выращивания. При этом последствия температурного стресса в эмбриональный период не ограничиваются лишь показателями вывода и ранней сохранности. Как показали недавние исследования Conceição с соавт. (2026), хроническое воздействие повышенной температуры (39°C против 37,5°C в контроле) в ходе инкубации перепелиных яиц вызывает стойкое перепрограммирование транскриптома кишечника. У выведенного молодняка это проявляется в изменении профиля экспрессии генов, ответственных за иммунный ответ и метаболизм, что указывает на долгосрочные физиологические последствия нарушений температурного режима инкубации [112]. Ещё более отдалённые последствия температурных воздействий в эмбриогенезе были продемонстрированы в мультигенерационном исследовании Carvalho с соавт. (2023). Авторы применяли циклическое повышение температуры инкубации на 1,7°C (до 39,5°C) в течение 12 часов в сутки с 0 по 13 сутки эмбриогенеза на протяжении четырёх последовательных поколений японского перепела. Установлено, что тепловое кондиционирование оказывает благоприятное влияние на постэмбриональную термотолерантность: в условиях непредвиденной тепловой волны смертность среди особей, прошедших температурную обработку в эмбриогенезе, составила 6,7–13,6% против 25,0–27,4% в контроле. Вместе с тем процедура сопровождается трансгенерационными, но обратимыми дефектами роста: снижением массы

тела в 4- и 5-недельном возрасте, а также прогрессирующим уменьшением массы снесённых яиц (разница между группами возросла с $\sim 0,1$ г в первом поколении до $\sim 1,2$ г в четвёртом). Эффекты частично сохранялись до седьмого поколения после прекращения воздействия, что указывает на эпигенетический механизм наследования признаков, индуцированных модификацией температуры окружающей среды у птиц [140]. Бройлеры, обладая несколько большей термотолерантностью, допускают градиенты в пределах $0,5\text{--}0,7^{\circ}\text{C}$, однако и для них отклонения свыше 1°C сопровождаются асинхронным выводом и повышенной смертностью [86].

Влажность воздуха в инкубаторе определяет скорость испарения воды из яйца, от которой зависят размер воздушной камеры и интенсивность газообмена через поры скорлупы [71]. Неравномерное распределение влажности по объёму камеры приводит к тому, что одни яйца теряют слишком много влаги (эмбрион обезвоживается), а другие — слишком мало (эмбрион испытывает кислородное голодание). Скорость испарения описывается законом Фика: масса теряемой воды пропорциональна разности парциальных давлений водяного пара у поверхности яйца и в окружающем воздухе, а также площади поверхности и пористости скорлупы. У перепелиных яиц скорлупа тоньше, а количество пор на единицу площади больше, чем у куриных, поэтому они теряют влагу быстрее и более чувствительны к колебаниям влажности [106]. Горизонтальные перепады влажности возникают из-за неравномерной работы увлажнителей: при локальной подаче пара формируются зоны с повышенной и пониженной влажностью, что негативно сказывается на синхронности развития эмбрионов. Для выравнивания влажности применяют системы распределения пара с несколькими точками ввода либо ультразвуковые увлажнители, создающие мелкодисперсный аэрозоль, который быстро смешивается с воздухом, обеспечивая более равномерное распределение влажности по камере [45, 71].

По данным Щербатова и Макаровой (2021), перепелиные яйца теряют за период инкубации от 12,86 до 17,96% первоначальной массы (в зависимости от размера), тогда как куриные — 10–12% [106].

Помимо влажности и температуры, на выводимость яиц и качество суточного молодняка существенное влияние оказывают морфологические характеристики яиц и сроки их хранения до инкубации. Rombaut с соавт. (2021) показали, что возраст несушек и условия хранения яиц японского перепела оказывают значимое влияние на выводимость, качество суточного молодняка и развитие бурсы Фабрициуса — ключевого органа иммунной системы птицы [87, 96]. Türkyılmaz с соавт. (2023) установили, что толщина скорлупы, пористость, индекс формы и потеря массы яйца в процессе инкубации достоверно коррелируют с выводимостью японского перепела, причём оптимальные значения этих параметров зависят от породы и возраста несушек [93, 141]. Narushin с соавт. (2004) выявили взаимосвязь между индексом формы яйца и выводимостью у японского перепела, предложив использовать этот показатель для прединкубационного отбора яиц [124]. Щербатов с соавт. (2024) разработали новый приём прединкубационного отбора яиц мясных пород перепелов, основанный на комплексной оценке морфологических показателей, что позволяет повысить выводимость и качество молодняка [104]. Yahav и Hurwitz (1996), а также Yahav и McMurtry (2001) в исследованиях на бройлерах показали, что температурное кондиционирование в раннем возрасте индуцирует термотолерантность, причём эффект зависит от сроков и температуры воздействия, что открывает перспективы для разработки аналогичных режимов для перепелов [144 - 146].

Значительные перепады влажности между зонами инкубатора (более 5–7%) могут вызывать асинхронный вывод и повышенную смертность на стадии проклёва [71]. Целевые значения относительной влажности для куриных яиц составляют: в первые 18 суток — 50–60%, в последние 3 суток — 65–75%. Для перепелиных яиц, вследствие их более тонкой скорлупы и

интенсивного газообмена, оптимальный диапазон влажности несколько уже: 52–58% в основной период инкубации и 68–72% на выводе. При влажности свыше 75% замедляется испарение, что может приводить к накоплению токсичных метаболитов и гипоксии эмбриона; при влажности ниже 45% наблюдается чрезмерная потеря воды, сгущение белка и нарушение осмотического равновесия [71]. Контроль влажности особенно важен в период с 10-х по 18-е сутки инкубации, когда эмбрион переходит на лёгочное дыхание и его потребность в кислороде резко возрастает. При недостаточной влажности аллантоисная жидкость испаряется слишком быстро, что затрудняет нормальный поворот эмбриона в яйце [72].

По мере развития эмбриона его потребность в кислороде неуклонно возрастает, и к концу инкубационного периода он потребляет почти столько же кислорода, сколько взрослая птица сопоставимой массы. При недостаточной вентиляции в инкубаторе накапливается углекислый газ, и эмбрион испытывает гиперкапнию, что негативно сказывается на его развитии и жизнеспособности. Оптимальные параметры воздушной среды для куриных яиц: скорость воздушного потока 0,1–0,3 м/с, концентрация CO_2 не более 0,4%, содержание O_2 не ниже 20%, кратность воздухообмена 5–10 ч⁻¹ [73]. Перепелиные яйца, вследствие более интенсивного метаболизма эмбрионов, предъявляют повышенные требования к газообмену: превышение концентрации CO_2 выше определённого порога не только замедляет сердечный ритм и снижает активность вылупления [75], но и может вызывать долгосрочные физиологические изменения. В частности, Bavis и Kilgore (2001) экспериментально показали, что хроническое воздействие 2% CO_2 в эмбриональный период приводит к стойкому снижению вентиляционной реакции взрослых самок перепелов на гиперкапнию, что указывает на высокую пластичность и уязвимость развивающейся дыхательной системы [84]. Для обеспечения равномерного газового состава по всему объёму инкубатора зональные датчики CO_2 рекомендуется размещать в нескольких

точках по горизонтали и вертикали, что позволяет своевременно выявлять локальные превышения и корректировать вентиляцию [45, 74].

Современные инкубаторы всё чаще комплектуются распределёнными системами мониторинга, охватывающими температуру, влажность и газовый состав по зонам камеры. Ярким примером промышленного решения служит технология Embryo-Response Incubation (Petersime): в реальном времени отслеживая фактическую температуру эмбриона и концентрацию CO₂, она автоматически подстраивает вентиляцию под каждую партию яиц. Отечественная разработка — комплекс СКИП-УКК (ЗАО «Востокптицемаш») — решает сходные задачи в масштабе крупного инкубатория, обеспечивая диспетчеризацию до ста шкафов и архивное хранение данных. Собранные с датчиков информация непрерывно стекается на центральный контроллер, где адаптивные алгоритмы не только сравнивают её с уставками, но и прогнозируют развитие ситуации, заблаговременно корректируя работу нагревателей, увлажнителей и вентиляции. Данные с датчиков в реальном времени поступают на центральный контроллер, где обрабатываются с помощью адаптивных алгоритмов управления, позволяющих поддерживать параметры микроклимата в заданных пределах [45, 118]. Интеграция зональных датчиков с автоматикой даёт возможность не только стабилизировать текущие условия, но и накапливать массивы данных для последующего анализа. В наиболее продвинутых системах применяются алгоритмы машинного обучения, в том числе нейросетевые модели, которые на основе исторических данных конкретного инкубатория способны прогнозировать возникновение критических отклонений параметров среды примерно за час до их наступления [116]. Такой предиктивный подход позволяет заблаговременно корректировать работу вентиляции, нагревателей и увлажнителей, минимизируя риски для развивающихся эмбрионов.

Внедрение систем пространственного контроля микроклимата в инкубаторах требует определённых капиталовложений, однако, как показывает практика, эти затраты окупаются в достаточно короткие сроки за счёт повышения выводимости, снижения энергопотребления и сокращения отходов инкубации. Адаптивная вентиляция и автоматизированное управление параметрами среды позволяют снизить расход энергоресурсов и повысить однородность суточного молодняка, что в конечном счёте положительно сказывается на экономических показателях птицеводческого предприятия. Экологические преимущества автоматизации включают уменьшение выбросов углекислого газа, снижение потребления воды и сокращение количества невылупившихся яиц, подлежащих утилизации [15]. При этом следует отметить, что экономический эффект достигается только при комплексном подходе: установка датчиков без последующей автоматизации регулирования не даёт ожидаемого результата [45]. Накопленный к настоящему времени опыт свидетельствует о том, что внедрение зонального контроля микроклимата в инкубаторах является экономически оправданным мероприятием, способствующим повышению эффективности производства.

Практическая реализация пространственного контроля микроклимата требует размещения достаточного количества датчиков, равномерно распределённых по объёму инкубатора — по углам и в центре каждого яруса. Данные с датчиков поступают на центральный контроллер, который в режиме реального времени сравнивает текущие параметры с заданными значениями. При выходе контролируемых показателей за допустимые пределы контроллер задействует корректирующие механизмы: изменяет мощность вентиляторов, включает дополнительные нагреватели или увлажнители [45].

Не менее значимым для нормального онтогенеза оказывается и световой режим, особенно на ранних этапах развития. В опытах Akram с соавт. (2026) на японских перепелах циркадные циклы освещения (12 ч свет :

12 ч темнота либо 8 ч свет : 16 ч темнота) в период инкубации способствовали улучшению биохимического профиля крови и повышению предубойной живой массы по сравнению как с непрерывным освещением, так и с постоянной темнотой. Любопытно, что строгого совпадения световых режимов инкубации и последующего выращивания для достижения этих преимуществ не потребовалось [85].

Наконец, нельзя сбрасывать со счетов и внешние климатические факторы, напрямую влияющие на работу систем обеспечения микроклимата. В регионах с резкими сезонными перепадами температуры и влажности наружного воздуха режимы вентиляции и отопления инкубаторов требуют постоянной адаптации к меняющимся условиям. В горной местности к температурным скачкам добавляются колебания атмосферного давления, что потенциально способно нарушить газообмен эмбрионов. В таких обстоятельствах автоматизированные системы с обратной связью становятся не просто желательным дополнением, а обязательным элементом технологического оснащения инкубатория. В горной местности к перепадам температуры могут добавляться изменения атмосферного давления, что потенциально способно влиять на газообмен эмбрионов. В этих условиях автоматизированные системы с обратной связью, способные динамически корректировать параметры среды, становятся не просто желательным, а необходимым элементом технологического оснащения инкубатория [45].

Сравнительный анализ одноступенчатой и многоступенчатой систем инкубации показывает, что одноступенчатая система, при которой каждая партия яиц находится в отдельной камере с независимым контролем параметров, обеспечивает лучшую биобезопасность и более точное поддержание микроклимата, однако требует больших капитальных вложений. В многоступенчатых системах, где в одной камере одновременно находятся яйца разных сроков закладки, температурные и влажностные градиенты выражены сильнее, а компенсировать их значительно сложнее. Учитывая

повышенную чувствительность перепелиных эмбрионов к отклонениям параметров среды, для инкубации перепелиных яиц предпочтительнее использовать одноступенчатую систему, позволяющую индивидуально подбирать режим для каждой партии. Таким образом, анализ литературы показывает, что пространственная неоднородность микроклимата в инкубаторах является объективным физическим явлением, обусловленным естественной конвекцией, конструктивными особенностями камер и недостаточной эффективностью вентиляции. Вертикальные и горизонтальные градиенты температуры, влажности и газового состава неизбежно ведут к асинхронному развитию эмбрионов, растянутому выводу и, как следствие, снижению качества суточного молодняка [71].

Сгладить эти негативные эффекты позволяет жёсткое соблюдение оптимальных параметров: поддержание температуры с точностью до $\pm 0,3$ °C, влажности в рекомендованных диапазонах и концентрации CO₂ не выше 0,4 %. Именно такая дисциплина обеспечивает рост выводимости, сокращение эмбриональной смертности и повышение однородности поголовья. При этом перепелиные яйца, в силу повышенной чувствительности к среде, требуют особенно тщательного контроля влажностных градиентов, тогда как для бройлеров на первый план выходит стабильность температуры. Определённый вклад в постэмбриональное развитие вносит и световой режим в период инкубации.

Практически пространственный контроль микроклимата реализуется через размещение датчиков в ключевых зонах инкубатора и применение автоматизированных систем с адаптивными алгоритмами, способных не только удерживать заданные уставки, но и прогнозировать назревающие отклонения [45, 72]. Для перепеловодческих хозяйств, где требования к стабильности среды особенно высоки, предпочтение следует отдавать одноступенчатой системе инкубации.

2. СХЕМА ИССЛЕДОВАНИЙ, МАТЕРИАЛ, МЕТОДИКА, УСЛОВИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЫТОВ, ИЗУЧАЕМЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ

2.1. Схема исследований, материал, методика, условия выполнения опытов

Исследования выполнены в 2023 – 2026 годах в условиях птицефабрики ООО «Тураковский птицеводческий комплекс» Московской области с умеренно-континентальным климатом и учебно-производственного птичника РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, расположенного в г. Москва с умеренно-континентальным климатом. Научно-практические опыты проводили в инкубатории и промышленном производственном помещении для выращивания перепелов на глубокой подстилке для производства мяса.

Объекты исследований – инкубационные яйца, полученные от одновозрастного 10-недельного родительского стада перепелов маньчжурской мясо-яичной породы (опыт 1); перепела маньчжурской мясо-яичной породы (опыт 2); перепела породы фараон мясного направления продуктивности (опыт 3 и производственная проверка).

Условия содержания и кормления, за исключением изучаемых факторов, для птиц всех групп в опытах были аналогичными и соответствовали рекомендациям РД-АПК 1.10.05.04-13 «Методические рекомендации по технологическому проектированию птицеводческих предприятий», а также наработанному опыту работы с данными породами перепелов на предприятии.

Схема научно-практических исследований приведена на рисунке 1. Опыты выполнялись последовательно с учётом результатов, полученных в предшествующих исследованиях. Изучаемые показатели учитывали в соответствии с воздействующими на объекты факторами.

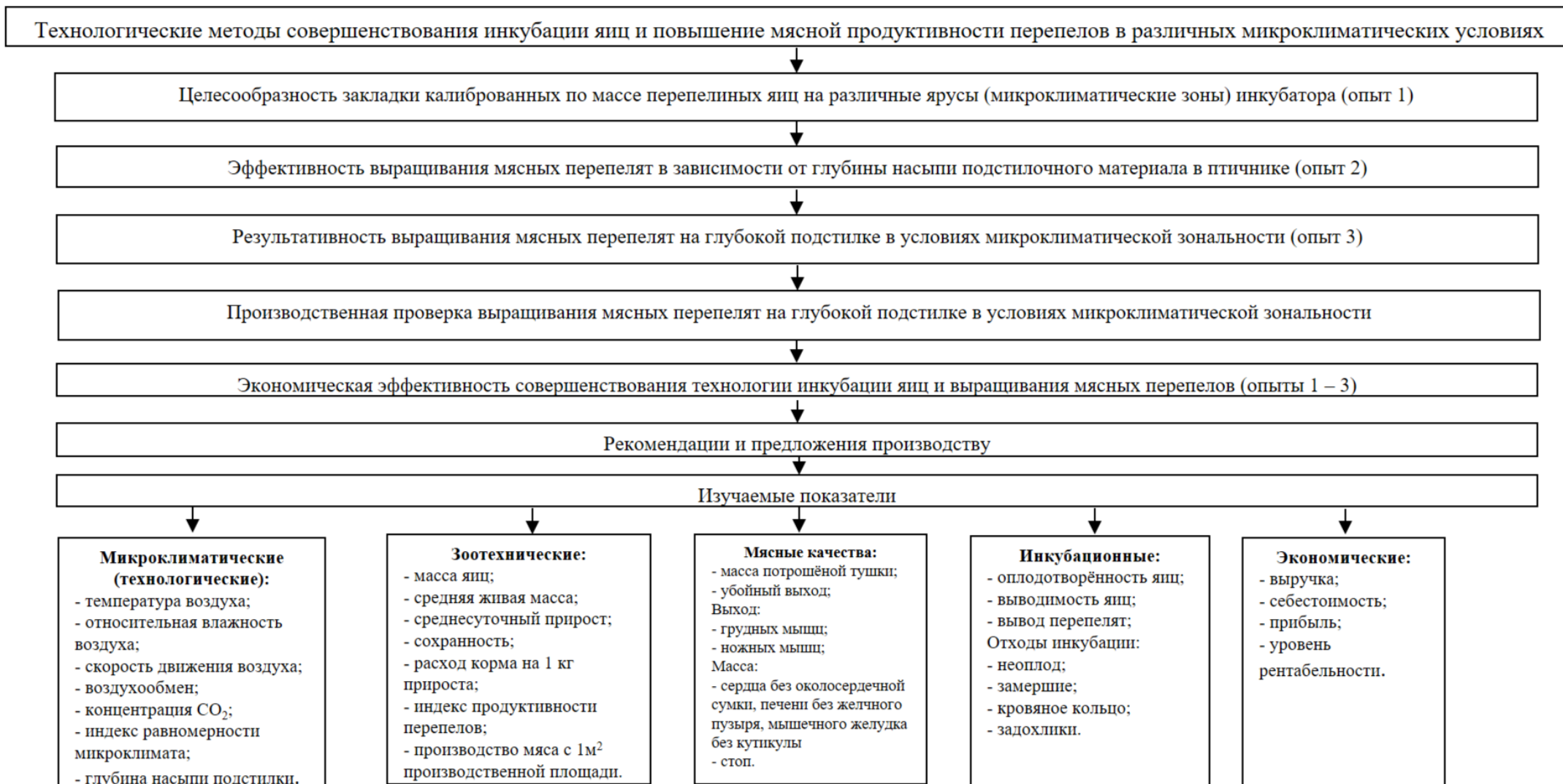


Рисунок 1. Схема исследований

В опыте 1 яйца в количестве 300 штук (по 50 яиц в каждой группе), полученные от одновозрастного 10-недельного родительского стада перепелов маньчжурской мясо-яичной породы, инкубировали в течение 16,5 суток (табл. 1). Перед закладкой на инкубацию яйца хранили в течение 12 суток в связи с необходимостью калибровки по массе, в результате чего определены категории «Мелкие», «Средние» и «Крупные». Масса инкубационных яиц в группах находилась в пределах от 10,0 до 16,0 г. Группы между собой отличались ярусом размещения яиц в инкубаторах, то есть в зависимости от массы и категории яиц, закладку осуществляли на нижний, средний и верхний ярусы. Яйца закладывали в 2 аналогичных инкубатора (рис. 2) с начальной настройкой микроклиматических параметров с первых суток: температура (Т) $37,6 \pm 0,1$ °С и относительная влажность (ОВ) воздуха 75,0%; с десятых суток инкубации – температура $37,2 \pm 0,1$ °С и относительная влажность воздуха 70,0%. Частота поворота лотков инкубатора 24 раза в сутки с углом поворота 45°С в соответствии с методическими наставлениями [2]. Яйца из групп 1, 2, и 3 исследовали в инкубаторе 1; яйца из групп 4, 5 и 6 – в инкубаторе 2.

Таблица 1

Схема опыта 1

Показатель	Инкубатор, группа					
	Инкубатор 1			Инкубатор 2		
	1	2	3	4	5	6
Масса яиц, г	14,1-16,0	13,1-14,0	10,0-13,0	14,1-16,0	13,1-14,0	10,0-13,0
Категория яиц	Крупные	Средние	Мелкие	Крупные	Средние	Мелкие
Ярус инкубатора	Верхний	Средний	Нижний	Нижний	Средний	Верхний

Параметры микроклимата регистрировали ежесуточно двукратно (на верхнем и нижнем ярусах инкубатора) при помощи мобильного цифрового

детектора SHT20 (рис. 3). Учитывали концентрацию углекислого газа в воздухе, выраженную в ppm (от англ. parts per million – миллионная доля, то есть 1 мл газа / на 1 м³ объёма воздуха), температуру и относительную влажность воздуха, выраженные в градусах Цельсия и процентах соответственно.



Рис. 2. Автоматический цифровой инкубатор Рэмил-400Ц



Рис. 3. Цифровой детектор микроклимата SHT20

В опыте 2 из суточных перепелят мясо-яичного направления продуктивности маньчжурской породы со средней массой 9,5 г методом пар-аналогов без учёта полового соотношения были сформированы 3 группы по 57 голов в каждой. Перепелов размещали в одном помещении, разделённом на 3 секции площадью 1 м² каждая с плотностью посадки 0,02 м² на 1 голову до 39-суточного возраста. Кормление птицы осуществляли 3 раза в сутки с учётом питательности комбикорма в соответствии с рекомендациями ВНИТИП, поение – вволю. Различия между вариантами по технологии содержания птицы заключались в глубине насыпи подстилки (табл. 2). Выбор вариантов глубины насыпи подстилочного материала обоснован экспериментальным подходом с учётом живой массы перепелов, тогда как для бройлеров 1-6-недельного возраста глубина слоя подстилки должна

составлять 7–10 см согласно РД АПК 1.10.05.04-13 (информация по глубине слоя подстилки для перепелов не приводится).

Таблица 2

Схема опыта 2

Показатель	Группа		
	1	2	3
Вид подстилки	Древесная стружка		
Глубина насыпи, см	10	7	5

Для обогрева использовали инфракрасные лампы ИКЗК-250, установленные над каждой секцией. Температурный режим в первую неделю составлял 33–35 °С, во вторую – 27–30 °С, в третью – 23–26 °С, в четвертую и пятую – 20–22 °С. Продолжительность светового дня первые 2 недели выращивания была равна 23 ч, с 3 недели до 17 ч в сутки.

Оценку подстилки по интенсивности увлажнения проводили визуально по методике Tran S.T. и др. (Poult. Sci., 2015 г.) по 5-балльной шкале, где 5 – вся подстилка влажная, без сухих зон; 4 – влажная с несколькими сухими зонами; 3 – низкого качества с большой долей влажных зон; 2 – в основном сухая с несколькими влажными зонами; 1 – сухая, рыхлая по всей площади.

Подошву стоп перепелов оценивали согласно адаптации методики по оценке подстилки, по 5-балльной шкале, где 5 – чистая или немного загрязненная подошва, без ран, ссадин и наростов; 4 – немного загрязненная подошва, без ран, ссадин и наростов; 3 – загрязненные подошва и когти, с мелкими ранами, видно образование наростов; 2 – загрязнена вся подошва, есть раны, видно образование наростов; 1 – сильно загрязненная подошва, есть раны и большие наросты.

В опыте 3 сформировали 5 групп суточных перепелят породы фараон мясного направления продуктивности по 80 голов в каждой, отобранных методом случайной выборки, в которых выращивали птицу до 56-суточного возраста на всей площади производственного помещения на подстилке с

глубиной насыпи 5 см, в специально отведённых 5-и участках (каждый площадью 1,1 м²) с возможностью регулирования линий поения и кормления (табл. 3 и рис. 4).

Таблица 3

Схема опыта 3 (участки измерения параметров микроклимата)

Расположение точек измерения	Группа				
	1	2	3	4	5
Сторона помещения	Передняя торцевая		Центральная	Тыльная торцевая	
Участок размещения птицы	Левая	Правая	Посередине	Левая	Правая
Расстояние от торцевых и боковых стен, м	$\frac{5}{2}$	$\frac{5}{2}$	$\frac{29}{6}$	$\frac{5}{2}$	$\frac{5}{2}$

Примечание: здесь и далее: над чертой расстояние от торцевых стен, под чертой – от боковых стен.

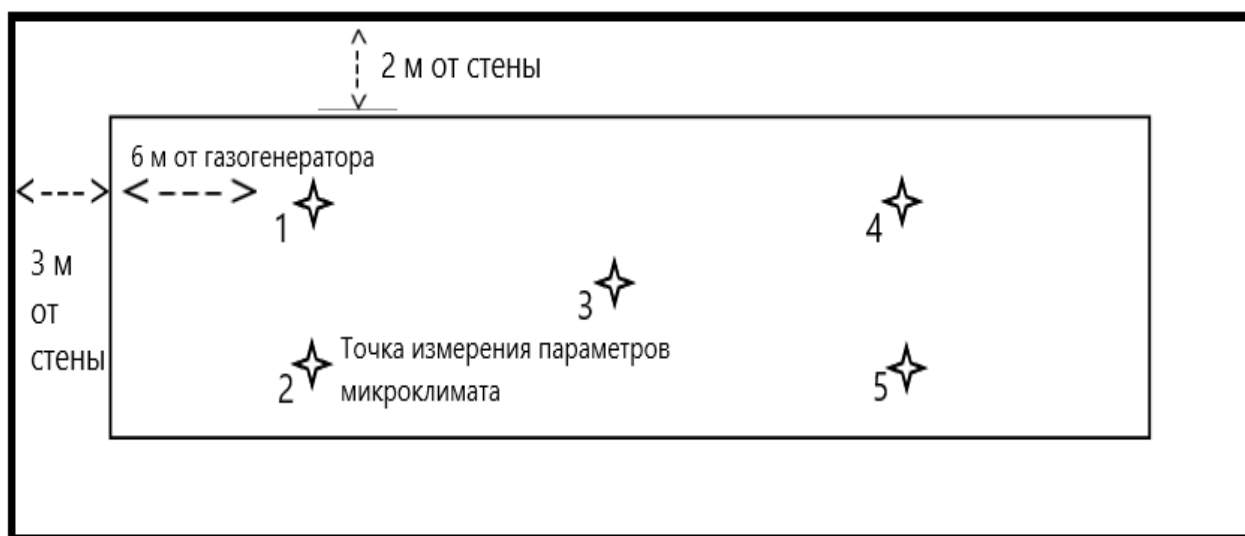


Рисунок 4. Схема участков измерения параметров микроклимата

Плотность посадки – 80 гол./м² производственной площади с нагрузкой на 1 кормушку 40 голов, на 1 ниппель – 20 голов. Перепелов разместили в группы на участках помещения, предположительно отличающихся по параметрам микроклимата.

Воздухообмен в производственном помещении размерами 58х12х3 м со скатной крышей обеспечивали приточно-вытяжной системой вентиляции (рис. 5), работающей по принципу отрицательного давления (давление воздуха в помещении ниже, чем снаружи помещения). Программа работы вентиляционной системы настроена по минимальному воздухообмену. Общая площадь птичника – 700 м². В опыте микроклимат поддерживали и регулировали через контроллер «Овен ИПП 120». Комплект отопления и вентиляции состоял из: 2 газогенераторов Ergaf GP 70 (каждый производительностью 5 тыс. м³/ч и дальностью тепловой струи воздуха до 70 м), установленных на высоте 1,6 м от глубокой подстилки. Газогенераторы размещены против часовой стрелки по диагонали друг от друга (один в начале справа, другой – в торце слева); стенных приточных клапанов (13 штук), установленных в правой стене на высоте 2 м и через каждые 3 м друг от друга; в противоположной стене установлены 4 вытяжных вентилятора (каждый производительностью 15 тыс. м³/ч) и 4 вытяжных вентилятора в торцевой стене (каждый производительностью 56 тыс. м³/ч). Суммарная фактическая производительность вытяжной вентиляции в птичнике 284 тыс. м³/ч. С целью повышения однородности микроклимата в помещении установлены 2 рециркуляционных вентилятора (каждый производительностью 8 тыс. м³/ч) в середине птичника слева и справа соответственно, на высоте 1,6 м от глубокой подстилки. Запуск циркуляционных вентиляторов осуществляли с 2-недельного возраста перепелов с бесперебойной работой и направлением движения воздуха от газогенераторов вдоль наружных стен помещения.



Рисунок 5. Элементы системы вентиляции в помещении для выращивания перепелов на глубокой подстилке

2.2. Изучаемые показатели

2.2.1. Показатели микроклимата в производственном помещении

В период проведения эксперимента изучали микроклиматические, зоотехнические и экономические показатели. Определение показателей микроклимата осуществляли в соответствии с техническим паспортом измерительных приборов в течение 30-60 секунд в одной точке измерения для одного показателя с целью увеличения точности показаний. Все измерительные приборы сертифицированы, калиброваны и поверены:

1. Температура воздуха; измеряли при помощи прибора «Цифровой детектор микроклимата SHT20».

2. Относительная влажность воздуха; измеряли по аналогии с измерением температуры воздуха.

3. Воздухообмен; определяли расчётным путём на основании показаний фактического воздухообмена контроллера микроклимата.

4. Концентрация углекислого газа (CO_2) в воздухе; измеряли при помощи прибора «Цифровой детектор микроклимата SHT20» и выражали в ppm (parts per million — «частей на миллион»: $1000 \text{ ppm} = 0,1\%$) для более точного учёта показателя.

5. Индекс равномерности микроклимата (ИРМ) по распределению концентрации углекислого газа в птичнике; с целью оценки равномерности микроклимата в производственном помещении на основании маркерного показателя диоксида углерода. Увеличение индекса характеризует повышение равномерности микроклимата в помещении для выращивания птицы (чем ниже значение индекса, тем менее равномерный микроклимат). Индекс равномерности микроклимата (ед.) рассчитывали по формуле:

$$\text{ИРМ} = \overline{X} / \sum \pm \Delta \overline{X}, \text{ где}$$

ИРМ – индекс равномерности микроклимата, ед.;

$\overline{X}$ – среднее арифметическое значение измерений;

$\sum \pm \Delta \bar{X}$ – сумма положительных и отрицательных отклонений от среднего арифметического значения (без учёта знаков «+» и «-»).

Измерение микроклиматических показателей проводили еженедельно с суточного возраста до убоя. Временной интервал суток: 10:00 – 12:00 ч.

2.2.2. Зоотехнические показатели

1. Масса яиц. Индивидуальное взвешивание отложенных самками яиц (г).

2. Оплодотворенность яиц. Расчет по формуле:

$$\text{Оплодотворенность (\%)} = \frac{\text{Число оплодотворенных яиц (шт.)} * 100}{\text{Число заложенных на инкубацию яиц (шт.)}};$$

3. Выводимость яиц. Расчет по формуле:

$$\text{Выводимость (\%)} = \frac{\text{Число кондиционных суточных перепелят (гол.)} * 100}{\text{Число оплодотворенных яиц (шт.)}};$$

4. Вывод перепелят. Расчет по формуле:

$$\text{Вывод перепелят (\%)} = \frac{\text{Число кондиционных суточных перепелят (гол.)} * 100}{\text{Число заложенных на инкубацию яиц (шт.)}};$$

5. Средняя живая масса перепелят в суточном, 7-; 14-; 21-; 28-; 35-; 39-суточном возрасте; методом индивидуального взвешивания всего поголовья в группах, г.

6. Среднесуточный прирост, (г) вычисляли по формуле:

$$\text{Ср.пр.} = U_2 / t_2 - U_1 / t_1, \text{ где}$$

Ср.пр. – среднесуточный прирост, г;

U_1 и U_2 – средняя живая масса в начале и конце периода выращивания, г;

t_1 и t_2 – возраста в начале и конце периода выращивания, сутки.

7. Сохранность поголовья, (%) рассчитывали при учёте павших перепелов в группах, а вычисляли по формуле:

Сохранность = $n_2 - n_1 \cdot 100$, где

n_2 и n_1 – число голов до и после сбора павших перепелов.

8. Расход корма на 1 кг прироста живой массы (R_k) вычисляли по формуле (кг):

$$R_k = \frac{K}{U}, \text{ где}$$

K – количество потреблённого корма, кг;

U – абсолютный прирост, кг.

9. Индекс продуктивности перепелов (ИПП, ед.) вычисляли формуле:

$$ИП = \frac{Жм \cdot C}{Cв \cdot R_k} / 10, \text{ где}$$

$Жм$ – средняя предубойная живая масса, г,

C – сохранность поголовья, %,

$Cв$ – срок выращивания, суток,

R_k – расход корма на 1 кг прироста живой массы, кг.

2.2.3. Мясные качества

1. Мясные качества перепелов и средняя масса потрошенных тушек; определение совокупности показателей, характеризующих мясные качества перепелов, выраженные в абсолютных и относительных величинах, определяли при убое 5 голов соответствующих по живой массе среднему арифметическому значению в пределах группы.

2. Убойный выход; вычисляли по формуле:

$$Пм / Жм \cdot 100\%, \text{ где}$$

$Пм$ – масса потрошённой тушки птицы, г;

$Жм$ – предубойная живая масса птицы, г.

3. Масса (абсолютная; относительная) грудных мышц, ножных мышц, бедренных мышц, мышц голени, абдоминального жира, печени, мышечного желудка, сердца. Расчет по формуле:

$$\text{Выход мышц, жира, внутренних органов (\%)} = \frac{\text{Масса мышцы, жира, органа (г)} * 100}{\text{Масса потрошенной тушки (г)}}$$

2.2.4. Экономические показатели

1. Выручка (В), вычисляли по формуле:

$$В = У.м. * Ц, \text{ где}$$

У.м. – валовая убойная масса птицы, кг,

Ц. – цена, руб./кг.

2. Полная себестоимость (П.С.), вычисляли по формуле:

$$П.С. = СтПр + СтСЦ + СтОТ + СтУП, \text{ где}$$

СтПр – себестоимость прироста, руб./кг;

СтСЦ – стоимость суточных цыплят, руб./кг;

СтОТ – стоимость отлова и транспортировки цыплят, руб./кг;

СтУП – стоимость убоя и потрошения цыплят руб./кг.

3. Прибыль (П), вычисляли по формуле:

$$П = В - П.С., \text{ где}$$

В – выручка, руб./кг;

П.С. – полная себестоимость руб./кг.

4. Уровень рентабельности (У.Р.), вычисляли по формуле:

$$У.Р. = П / П.С. * 100, \text{ где}$$

П – прибыль, руб./кг;

П.С. – полная себестоимость, руб./кг.

Экспериментальные данные обработаны методом вариационной статистики по Н.А. Плохинскому (1969) на персональном компьютере с использованием программы Microsoft Excel [89].

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

3.1. Калибровка перепелиных яиц по массе в зависимости от ярусности закладки в инкубатор и микроклиматической зональности (опыт 1)

3.1.1. Результаты измерения параметров микроклимата

Одним из основных факторов, воздействующих на эмбриогенез и результаты выводимости яиц является микроклимат инкубатора. В таблице 4 представлены микроклиматические параметры в период инкубации от момента закладки яиц до вывода перепелят. Параметры микроклимата изучали ежесуточно, однако значения приведены для критических временных периодов инкубирования яиц – 1-е; 7-е; 14-е и 16-е сутки. На 17-е сутки начался вывод перепелят. В качестве маркерного показателя для регистрации микроклиматической зональности в инкубаторе выбран углекислый газ, который возможно измерить с точностью до 0,001 ppm. Так, наивысший градиент концентрации диоксида углерода в пределах инкубатора наблюдали в первую неделю исследований. В 1-е сутки в инкубаторе 1 разность концентраций CO₂ на верхнем и нижнем ярусах составила 1537 ppm и различалась в 2,3 раза, в то время как на 7-е сутки разность составила 932 ppm и различалась в 3,1 раза. В инкубаторе 2 значительное расхождение по изучаемому показателю наблюдали на 7-е сутки – 1137 ppm, что различалось между ярусами в 3,6 раза. В остальное время концентрациях углекислого газа в инкубаторах различалась незначительно в зависимости от яруса закладки яиц на инкубацию. Температурно-влажностный режим практически не имел серьёзных отклонений от заданных инкубационных параметров, за исключением предвыводного периода на 14-е сутки, что может быть связано с непродолжительным (до 2 минут) приоткрытием дверцы инкубатора с целью удаления излишней влаги и предотвращения образования конденсата на поверхности скорлупы перепелиных яиц.

Параметры микроклимата в инкубаторах

Сутки	Показатель	Инкубатор, точка измерения			
		Инкубатор 1		Инкубатор 2	
		Верхний ярус	Нижний ярус	Верхний ярус	Нижний ярус
1	CO ₂ , ppm	2671	1134	1367	1137
	T, °C	37,6	37,4	37,5	37,0
	ОВ, %	66	63	66	60
7	CO ₂ , ppm	1376	444	1577	440
	T, °C	37,2	36,6	37,9	37,6
	ОВ, %	48	39	57	70
14	CO ₂ , ppm	448	440	438	449
	T, °C	35,8	34,9	33,6	30,1
	ОВ, %	51	45	78	75
16	CO ₂ , ppm	538	445	443	445
	T, °C	37,7	37,8	37,2	37,1
	ОВ, %	59	58	85	72

3.1.2. Результаты инкубации перепелиных яиц в условиях микроклиматической зональности

Результативность инкубации складывается главным образом из вывода молодняка и сокращения отходов инкубации. В таблице 5 и на рисунке 6 приведены результаты инкубации перепелиных яиц и средняя живая масса суточных перепелят в зависимости от ярусности закладки в инкубатор на фоне микроклиматической зональности.

Результаты инкубации яиц и средняя живая масса перепелят

Показатель	Инкубатор, группа					
	Инкубатор 1			Инкубатор 2		
	1	2	3	4	5	6
Средняя живая масса суточных перепелят, г	10,2 ± 0,7	8,5 ± 0,8	8,4 ± 0,6	10,0 ± 1,0	9,0 ± 0,9	7,5 ± 0,9
Оплодотворённость яиц, %	86,0	92,0	84,0	94,0	90,0	86,0
$\bar{X}$	87,3			90,0		
Выводимость яиц, %	58,0 а	70,0 а	42,0 а	46,0 б	42,0 б	42,0 а
$\bar{X}$	56,7 а			43,3 б		
Вывод перепелят, %	50,0 а	64,0 а	36,0 а	44,0 а	38,0 б	36,0 а
$\bar{X}$	50,0 а			39,4 а		
<i>Отходы инкубации</i>						
Неоплод, %	14,0	8,0	16,0	6,0	10,0	14,0
$\bar{X}$	12,7			10,0		
Замершие, %	20,0	22,0	32,0	30,0	40,0	38,0
$\bar{X}$	24,7			36,0		
Кровяное кольцо, %	8,0	4,0	10,0	10,0	4,0	8,0
$\bar{X}$	7,3			7,3		
Задохлики, %	8,0	2,0	6,0	10,0	8,0	4,0
$\bar{X}$	5,3			7,3		

Примечание: разность (в пределах показателя) между значениями в группах (при сравнении 1 и 4; 2 и 5; 3 и 6 групп соответственно), обозначенными разными буквами, достоверна при $P \geq 0,95$.

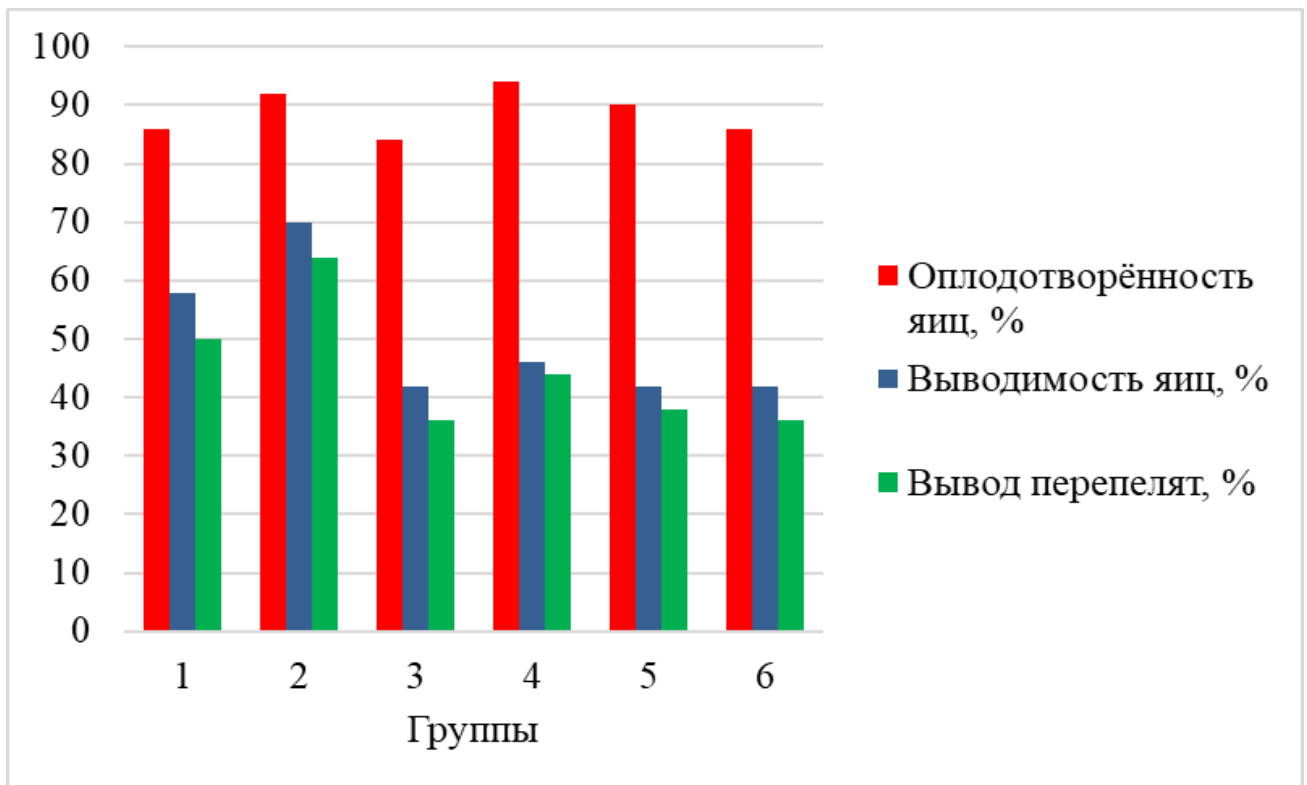


Рис. 6. Результативность инкубации перепелиных яиц

Средняя живая масса перепелят в группах закономерна в соответствии с калибровкой яиц по массе перед закладкой яиц на инкубацию, в связи с чем нет необходимости в расчёте достоверности разности между группами. Также, следует отметить, что различия между группами по оплодотворённости яиц не зависят от самого процесса инкубации, так как это связано с воспроизводительными качествами родительского стада перепелов. В связи с этим, важно сделать акцент на достоверную разность между группами 1 и 4; 2 и 5 соответственно, а также между инкубаторами 1 и 2 по выводимости яиц и выводу перепелят между группами 2 и 5. В целом, в инкубаторе 1, где крупные перепелиные яйца были заложены на верхний ярус, выводимость яиц в сравнении с инкубатором 2 выше на 13,4%; вывод перепелят выше на 10,6%. Важно отметить, что применяемая схема закладки яиц на инкубацию привела также к тому, что в группе 1 получено кондиционного молодняка больше на 6%, чем в группе 2. В то же время,

вывод перепелят увеличен на 26% (инкубатор 1) при сравнении групп 2 и 4 (средний ярус), в то время как нижний ярус (группы 3 и 6) оказались равнозначны.

Наивысший процент отхода получен в виде замерших эмбрионов в обоих инкубаторах, при том, что в группе 1 данный показатель на 10% ниже в сравнении с группой 4. Количество отходов в пределах инкубаторов в виде неоплода, кровяного кольца и задохликов отличалось незначительно.

3.1.3. Экономическая эффективность инкубации перепелиных яиц

Один из главных показателей, определяющих экономическую эффективность – уровень рентабельности производства суточных перепелят, в инкубаторе 1 (группы 1, 2 и 3) выше на 10,6% по сравнению с инкубатором 2 (группы 4, 5 и 6), что обусловлено наивысшим значением изучаемого показателя в группе 2 – 34,9% (табл. 6).

Таблица 6

Экономическая эффективность инкубации перепелиных яиц в различных микроклиматических зонах инкубатора в расчёте на 1000 яиц (опыт 1)

Показатель	Группа					
	1	2	3	4	5	6
Поголовье выведенных перепелят, гол.	500	640	360	440	380	360
Выручка от реализации суточных перепелят, тыс. руб.	33,5	42,9	24,1	29,5	25,5	24,1
Полная себестоимость выведенных перепелят, руб.	30,8	31,8	20,2	27,5	23,5	20,9

Продолжение таблицы 6						
Прибыль, руб.	2,7	11,1	3,9	2,0	2,0	3,2
Уровень рентабельности, %	8,8	34,9	19,3	7,3	8,5	15,3
среднее значение	21,0			10,4		

В процессе инкубации с различными схемами закладки калиброванных по массе перепелиных яиц в зависимости от микроклиматической зональности инкубатора крупные яйца (14,1-16,0 г) следует закладывать на верхний ярус, средние (13,1-14,0 г) на средний ярус, мелкие (10,0-13,0 г) – на нижний ярус, опираясь на инкубационные качества яиц и значения параметров микроклимата [43].

3.2. Установление целесообразной глубины насыпи подстилочного материала в птичнике для напольного выращивания перепелов на мясо (опыт 2)

3.2.1. Зоотехническая эффективность выращивания перепелов

Один из главных показателей, характеризующих зоотехническую эффективность выращивания перепелов – средняя предубойная живая масса. Средняя живая масса перепелов в течение всего периода выращивания во всех группах находилась на одном уровне, что указывает на отсутствие влияния изучаемых вариантов глубины подстилки на величину этого показателя. Наибольшая разность по средней живой массе была отмечена между группами 1 и 2 в 4-недельном возрасте, она составляла 7,0 г, или 5,7%, но носила характер тенденции (табл. 7). Тем не менее, необходимы дополнительные исследования по продлённому откорму перепелят на мясо на подстилке различной глубины.

Таблица 7

Средняя живая масса перепелов

Возраст, суток	Группа		
	1 (10 см)	2 (7 см)	3 (5 см)
1	9,6 ± 0,9 а	9,6 ± 0,7 а	9,4 ± 1,0 а
7	26,1 ± 4,2 а	27,5 ± 3,7 а	24,1 ± 4,0 а
14	33,3 ± 5,8 а	36,5 ± 6,1 а	34,7 ± 9,4 а
21	87,4 ± 9,4 а	93,5 ± 11,6 а	86,7 ± 12,7 а
28	114,8±14,0 а	121,8±17,0 а	115,7±15,6 а
35	147,6±16,0 а	149,0±21,1 а	151,0±17,3 а
39	155,9±19,6 а	156,1±20,8 а	154,5±17,6 а

Примечание: здесь и далее разность между средними значениями в группах (в пределах возраста и показателя), обозначенными разными буквами достоверна при $P \geq 0,95$.

Интенсивность прироста живой массы сельскохозяйственной птицы, в основном, характеризуется уровнем усвояемости кормов в условиях нормативного микроклимата. Соответственно глубина насыпи подстилки не оказывает существенного влияния на изучаемый показатель. Самый высокий среднесуточный прирост живой массы перепелов отмечен в группах 2 и 3 в возрасте 35 суток – 4,0 г (табл. 8).

Таблица 8

Среднесуточный прирост живой массы перепелов

Возраст, суток	Группа		
	1 (10 см)	2 (7 см)	3 (5 см)
7	2,4	2,6	2,1
14	1,7	1,9	1,8
21	3,7	4,0	3,7

Продолжение таблицы 8			
28	3,7	4,0	3,8
35	3,9	4,0	4,0
39	3,7	3,7	3,7

Критический период в потреблении и усвоении комбикорма для перепелят – первые 2 недели жизни, что связано с биологическими особенностями системы их пищеварения после вывода из яиц. В нашем исследовании за 2 недели выращивания расход корма на 1 кг прироста живой массы удалось снизить в группе 3 по сравнению с группами 1 и 2, что, возможно, связано с частичным потреблением рассыпанного на подстилку комбикорма, помимо основной массы из кормушки. В группах 1 и 2 к концу второй недели выращивания на подстилке образовывалась помётная корка, что, по всей видимости, затрудняло потребление рассыпанного корма (табл. 9).

Таблица 9

Расход корма на 1 кг прироста живой массы перепелов

Возраст, суток	Группа		
	1 (10 см)	2 (7 см)	3 (5 см)
7	2,12	1,96	2,38
14	4,18	3,68	2,34
21	2,40	2,23	2,42
28	2,91	2,73	2,88
35	3,25	3,21	3,16
39	3,66	3,66	3,77

Таким образом, можно сделать вывод, что глубина насыпи подстилочного материала оказывает влияние на количество потребляемого

птицей комбикорма в связи с просыпанием гранул из кормушки. В связи с этим, возможно следует в первую неделю жизни перепелят применять кормление птицы россыпным «подножным» комбикормом, помимо корма в кормушках, что позволит более эффективно выращивать перепелов.

Жизнеспособность перепелов в группах за первую неделю выращивания отличается в пределах 18,9% падежа, связанного со слабым суточным молодняком, что может быть объяснено генетическими факторами или временным периодом окна вывода молодняка. Выращивание перепелов на подстилке с глубиной насыпи 5 см привело к увеличению сохранности поголовья в возрасте 5 суток, в сравнении с птицей из групп 1 и 2, в среднем на 4,0%. Начиная со 2 недели, величина этого показателя во всех группах оставалась на уровне 81,1%. Таким образом, можно предположить, что на сохранность перепелов влияла не глубина подстилки, а жизнеспособность молодняка, которая во многом зависит от качества инкубационных яиц (табл. 10).

Таблица 10

Сохранность перепелов, %

Возраст, суток	Группа		
	1 (10 см)	2 (7 см)	3 (5 см)
1	100	100	100
2	94,6	97,3	91,9
3	86,5	91,9	91,9
4	86,5	83,8	91,9
5	86,5	83,8	89,2
6	83,8	83,8	83,8
7	81,1	81,1	81,1
1-39	81,1	81,1	81,1

Индекс продуктивности перепелов (ИПП) – комплексный показатель зоотехнической продуктивности, рассчитываемый путём отношения произведения сохранности поголовья птицы (%) и средней живой массы перепелов (г) к произведению срока выращивания (сутки) и расхода корма на 1 кг прироста живой массы (кг). Зоотехническая продуктивность птицы группы 3 по окончании эксперимента была ниже, чем в группах 1 и 2 на 0,4 единицы. Однако в 35-суточном возрасте самый высокий индекс продуктивности перепелов отмечен в группе 3, что характеризует возможность выращивания перепелов на убой как в 35-суточном, так и в 39-суточном возрастах (табл. 11).

Таблица 11

Индекс продуктивности перепелов, единиц

Возраст птицы, суток	Группа		
	1 (10 см)	2 (7 см)	3 (5 см)
35	10,5	10,7	11,1
39	8,9	8,9	8,5

3.2.2. Мясные качества перепелят

Напольное содержание перепелов не оказывает статистически достоверного воздействия на развитие мясных качеств. Выращивание на глубокой подстилке позволило получить достаточно высокий для перепелов маньчжурской породы убойный выход 63,2–65,6% (табл. 12), что обуславливает перспективу использования напольного способа выращивания. Масса мышечного желудка самок в группе 3 была выше, чем в группах 1 и 2, соответственно на 11,3 и 30,2%, что свидетельствует о более интенсивном пищеварении перепелов, выращиваемых на подстилке

глубиной 5 см. Масса стоп перепелов отличалась между группами в зависимости от средней живой массы перепелов.

Таблица 12

Мясные качества перепелов в 39-суточном возрасте

Показатель	Группа					
	1 (10 см)		2 (7 см)		3 (5 см)	
	♀	♂	♀	♂	♀	♂
Средняя живая масса, г	171,3±	162,0±	166,7±	157,0±	169,0±	159,7±
	18,45	7,55	10,21	16,82	10,00	11,06
Средняя масса потрошенной тушки, г	111,3±	102,3±	108,3±	100,0±	109,7±	104,7±
	14,57	4,16	8,62	14,73	10,58	10,07
Убойный выход, %	65,0	63,2	65,0	63,7	64,9	65,6
	±1,73	±1,85	±1,50	±3,36	±0,70	±1,80
Средняя масса, г:						
грудных мышц	44,0	39,9	43,7	39,3	43,7	42,4
	±6,18	±1,90	±5,93	±7,68	±0,95	±8,19
ножных мышц	23,8	22,2	22,8	21,5	23,1	24,1
	±3,29	±1,45	±1,65	±1,98	±1,98	±4,28
сердца без околосердечной сумки	1,0±	1,0±	1,0±	1,0±	1,0±	1,0±
	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
печени без желчного пузыря	4,7±	5,3±	5,3±	5,3±	5,7±	5,0±
	1,53	0,58	0,58	1,15	0,58	1,0
мышечного желудка без кутикулы	4,7±	5,0±	3,7±	4,7±	5,3±	5,3±
	1,15	1,00	0,58	0,58	0,58	0,58
стоп	4,0±	4,0±	3,7±	3,3±	3,7±	3,7±
	1,00	0,55	0,58	0,58	0,58	0,58

3.2.3. Оценка качества подошвы стоп перепелов и подстилки

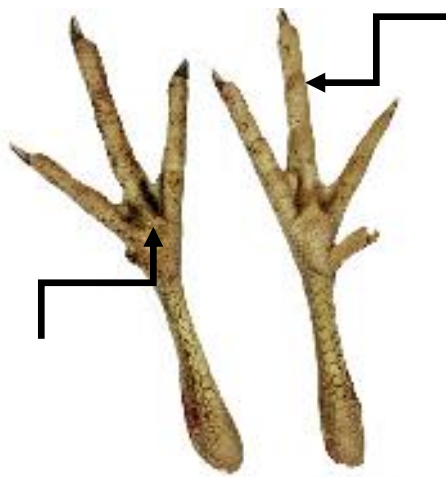
Самую высокую оценку по состоянию подошвы стоп получили самки и самцы группы 3, что указывает на более предпочтительную глубину подстилки 5 см. В среднем их превосходство по величине изучаемого показателя над птицей групп 1 и 2 на 1,4 балла. Подошва стоп перепелов в группе 3 была практически чистой, без ран и наростов (рис. 7, показано стрелкой), на подошве стоп птицы группы 2 отмечали мелкие раны и прилипший влажный помёт (см. рис. 8, показано стрелкой), что связано с образованием твердой корки на верхнем слое подстилочного материала. Аналогичная с группой 2 картина наблюдается также в группе 1 (табл. 13).

Наилучшее качество подстилки отмечено в группе 3. Она была более сухой и рыхлой, по сравнению с подстилкой в группах 1 и 2. Благодаря неглубокому слою насыпи в размере 5 см, верхний и нижний слои достаточно хорошо просыхали, чего нельзя сказать о подстилке глубиной 7 и 10 см. В среднем качество подстилки в группе 3 было на 2,5 балла выше, чем в группах 1 и 2 (см. табл. 13 и рисунок 8).

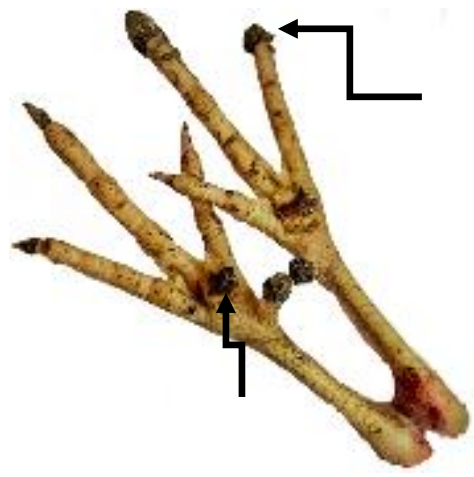
Таблица 13

Оценка подошвы стоп птицы в 39-суточном возрасте и подстилки по интенсивности увлажнения, балл

Показатель	Группа					
	1 (10 см)		2 (7 см)		3 (5 см)	
Пол птицы	♀	♂	♀	♂	♀	♂
Подошва стоп, балл	3,3	4,7	3,0	3,3	5,0	5,0
Подстилка, балл	5		4		2	



группа 3



группа 2

Рисунок 7. Подошва стоп перепелов

Вся подстилка, на которой содержали птицу группы 1, была влажной, без сухих зон, наблюдалось расслоение (рис. 7, показано стрелкой).



Группа 1 (10 см)



Группа 2 (7 см)



Группа 3 (5 см)

Рисунок 8. Качество подстилочного материала

При ворошении она отходила от поверхности пола твердыми комками. На поверхности подстилки формировалась толстая корка из опилок, помета, перьев птицы. У подстилки, на которой содержали перепелов группы 2, отмечали сухие зоны (см. рис. 7, показано стрелкой). На ее поверхности также отмечали корку, но более мягкую, чем в группе 1, она легко

разламывалась в руках. При ворошении было видно, что нижний слой подстилки достаточно влажный, но рыхлый. Подстилка, на которой содержали птицу группы 3, была сухой с несколькими влажными зонами, рыхлой по всей площади. Верхний слой был рыхлым, нижний – сухим и рассыпчатым.

3.2.4. Экономическая эффективность производства мяса перепелов на подстилке различной глубины насыпи

Результаты расчёта экономической эффективности выращивания перепелов на мясо с учётом различной глубины подстилочного материала свидетельствуют, что с учётом наибольшей выручки благодаря продаже тушек перепелов лучшего качества (визуально меньшее количество ссадин и надрывов на коже птицы) и наименьшей себестоимости из-за снижения количества используемого подстилочного материала в группе 3 отмечена наибольшая прибыль в размере 5,2 тыс. руб. Это на 1,9 и 1,8 тыс. руб. больше, чем в группах 1 и 2 соответственно. В результате уровень рентабельности производства в группе 3 составил 5,7%, что на 2,1 и 2,0% выше, чем в группах 1 и 2 соответственно (табл. 14).

Таблица 14

Экономическая эффективность производства мяса перепелов на подстилке различной глубины насыпи в расчёте на 1000 голов

Показатель	Группа		
	1	2	3
Поголовье выращенных перепелов, голов	811	811	811
Производство мяса, кг	126,4	126,6	125,3

Продолжение таблицы 14			
Выручка от реализации потрошенных тушек перепелов, тыс. руб.	95,6	96,1	96,5
Полная себестоимость мяса перепелов, тыс. руб.	92,3	92,7	91,3
Прибыль, тыс. руб.	3,3	3,4	5,2
Уровень рентабельности, %	3,6	3,7	5,7

Средняя живая масса перепелов в течение всего периода выращивания во всех группах находилась на одном уровне, что указывает на отсутствие влияния изучаемых вариантов глубины подстилки на величину этого показателя. С целью рационального и экономичного использования подстилочного материала (на примере древесных опилок) для напольного способа выращивания перепелов, улучшения мясных качеств и состояния подошвы стоп перепелят рекомендуется выращивать поголовье на подстилке глубиной 5 см [58].

3.3. Эффективность выращивания мясных перепелов на глубокой подстилке в условиях микроклиматической зональности (опыт 3)

3.3.1. Результаты измерения параметров микроклимата

Результаты измерения концентрации углекислого газа в воздухе в участках размещения поголовья птицы в возрастной динамике приведены в таблице 15. В первую неделю выращивания птицы установлено превышение предельно-допустимой концентрации диоксида углерода в воздушной среде птичника, что связано с прогревом птичника в зимний период года. Создание необходимой температуры воздуха в птичнике ($\sim 35,0^{\circ}\text{C}$) достигается путём

непрерывной работы газогенераторов открытого горения, что влечёт за собой сжигание кислорода и накапливание углекислого газа в воздухе. Однако, начиная с 2-недельного возраста перепелов и до убоя, содержание углекислого газа в воздухе находится в пределах нормы. Следует отметить, что на протяжении всего периода выращивания в птичнике наблюдается микроклиматическая зональность по содержанию углекислого газа на отдельных участках помещения. В суточном возрасте перепелят градиент изучаемого показателя между наименьшим и наибольшим значением составляет 400 ppm; в 7-, 14-, 21-, 28-, 35-суточном возрасте – 500 ppm; в 42-суточном возрасте – 300 ppm; в 49-, 56-суточном возрасте – 400 ppm. Наивысшая концентрация углекислого газа в воздухе преимущественно отмечена в торцевой части помещения, приближенной к вытяжной вентиляции. В середине помещения наименьшее содержание диоксида углерода, что может быть связано с работой циркуляционных вентиляторов, установленных в центральной части помещения слева и справа. Несмотря на различия изучаемого показателя на различных участках производственного помещения, в полной мере оценить равномерность распределения воздушных потоков (микроклимата) в пределах птичника, возможно, рассчитав индекс равномерности микроклимата по содержанию углекислого газа в воздухе.

Таблица 15

Содержание углекислого газа (CO_2) в воздухе помещения для выращивания перепелов, ppm

Возраст, сутки	Группа				
	1	2	3	4	5
1	5400	5500	5600	5700	5800
7	4500	4300	4400	4600	4800

Продолжение таблицы 15					
14	2600	2500	2300	2800	2800
21	2400	2300	2100	2500	2600
28	2100	2300	1900	2400	2400
35	2500	2300	2000	2400	2500
42	2500	2400	2200	2500	2500
49	2700	2600	2300	2600	2700
56	3000	2700	2800	3100	3100

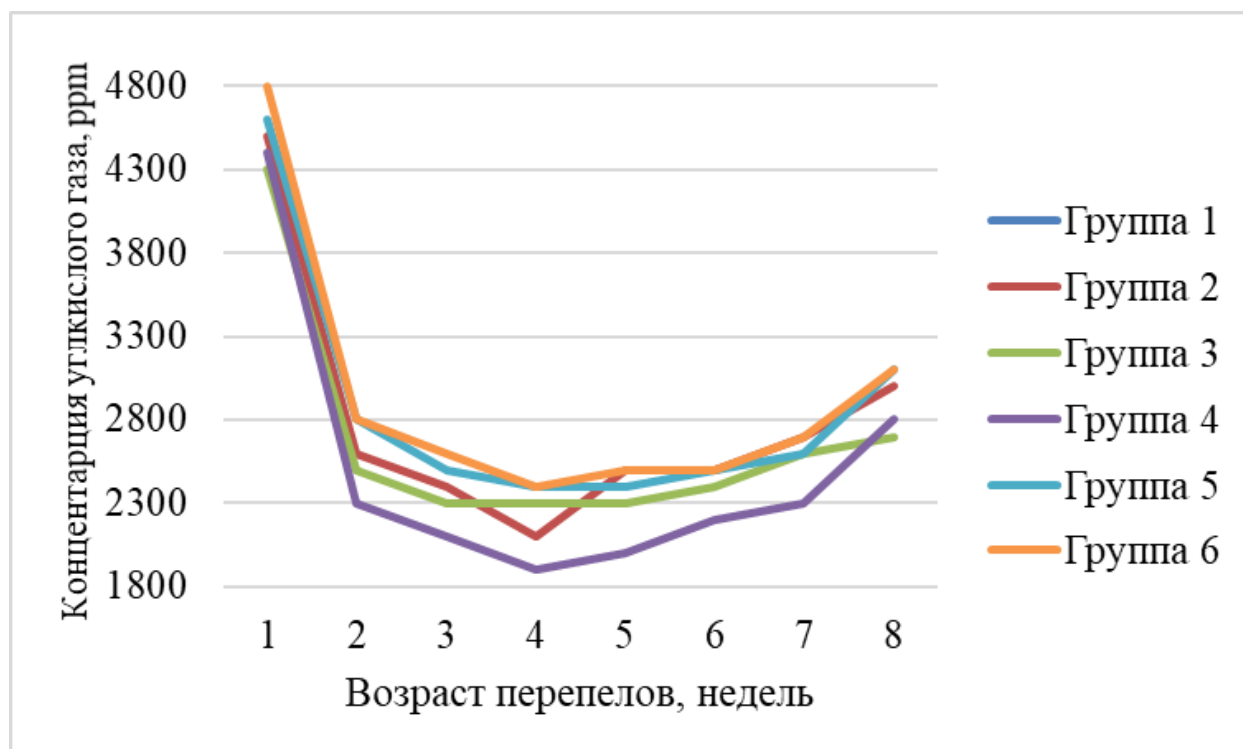


Рис. 9. Динамика изменения концентрации углекислого газа в воздушной среде птичника в возрастной динамике перепелов

Результаты измерения температуры воздуха на отдельных участках выращивания перепелов отражены в таблице 16. Безусловно, оценивать температуру воздуха отдельно от относительной влажности, не

целесообразно. Тем не менее, в пределах возрастных периодов птицы, наблюдаются расхождения по изучаемому показателю. Микроклиматическая зональность в суточном возрасте перепелов выражается в градиенте температуры воздуха 3,5°C; в 7 суток – 2,5°C; в 14 суток – 2,9°C; в 21 сутки – 3,0°C; в 28 суток – 1,6°C; в 35 суток – 2,4°C; в 42 суток – 4,4°C; в 49 суток – 3,3°C; в 56 суток – 5,5°C. Преимущественно наибольшая температура за весь период выращивания зафиксирована в центральной части помещения, несмотря на работу циркуляционных вентиляторов. В пределах группы 1 от суточного до предубойного возраста перепелов температура воздуха изменялась в диапазоне 36,9-22,0°C, в пределах группы 2 – от 35,9 до 22,9°C, в пределах группы 3 – от 34,5 до 25,3°C, в пределах группы 4 – от 38,0 до 21,5°C, в пределах группы 5 – от 37,4 до 20,7°C. Значительное (близкое к нормативному, ~20,0°C) снижение температуры воздуха в группах 4 и 5, по-видимому, связано с наиболее близким расположением участков измерений к торцевой вытяжной вентиляции.

Таблица 16

Температура воздуха в помещении для выращивания перепелов, °C

Возраст, сутки	Группа				
	1	2	3	4	5
1	36,9	35,9	34,5	38,0	37,4
7	31,5	30,4	32,9	31,3	30,9
14	26,9	26,1	28,9	26,6	26,0
21	27,0	26,3	29,0	26,4	26,0
28	24,8	24,0	25,6	24,6	25,2
35	23,0	22,9	25,3	24,8	24,1
42	24,7	23,9	25,6	21,5	21,2
49	22,0	23,1	25,3	22,8	22,3
56	23,1	24,0	26,2	21,8	20,7

Относительная влажность воздуха в птичнике на отдельных участках показана в таблице 17. Изучаемый показатель зависит от температуры воздуха, но в данном контексте необходимо установить наличие или отсутствие микроклиматической зональности по относительной влажности воздуха. За весь период выращивания перепелов установлены различные градиенты содержания влаги в воздухе в зависимости от участка измерений: в суточном возрасте птицы – 7,7%; в 7 суток – 10,3%; в 14 суток – 9,2%; в 21 сутки – 8,2%; в 28 суток – 8,9%; в 35 суток – 9,5%; в 42 суток – 7,0%; в 49 суток – 6,3%; в 56 суток – 9,4%. Несмотря на расхождения значений в пределах групп в различные возрастные периоды от 6,3 до 10,3%, необходимо отметить, что это незначительные расхождения. Однако это может быть существенной разностью при совокупном учёте температурно-влажностного режима в помещении. В пределах группы 1 от суточного до предубойного возраста перепелов относительная влажность воздуха в помещении изменялась в диапазоне 52,6-80,9%, в пределах группы 2 – от 50,3 до 81,6%, в пределах группы 3 – от 47,9 до 79,1%, в пределах группы 4 – от 46,5 до 74,6%, в пределах группы 5 – от 44,9 до 77,5%.

Таблица 17

Относительная влажность воздуха в помещении для выращивания перепелов, %

Возраст, сутки	Группа				
	1	2	3	4	5
1	52,6	50,3	47,9	46,5	44,9
7	62,8	63,9	67,7	60,4	57,4
14	73,6	74,1	70,0	64,9	67,5
21	76,6	74,0	74,3	70,5	68,4
28	76,4	74,5	71,8	70,9	67,5
35	77,8	76,5	74,3	70,3	68,3

Продолжение таблицы 17					
42	80,9	81,6	79,1	74,6	77,5
49	77,3	75,4	75,3	74,3	71,0
56	79,8	78,4	77,6	73,2	70,4

Индекс равномерности микроклимата представлен в таблице 18. ИРМ рассчитан по содержанию углекислого газа в воздухе, температуре и относительной влажности воздуха. Увеличение индекса означает улучшение равномерности микроклимата, ровно как снижение – означает ухудшение равномерности. Наиболее точно равномерность микроклимата отражает ИРМ по содержанию углекислоты в воздухе, так как CO_2 – летучий газ, перемещаемый по всему объёму помещения с воздушными потоками и имеющий наибольший градиент расхождений (в единице измерений – ppm) изучаемого показателя. ИРМ в целом характеризует качество (эффективность) перемещения воздушных масс по помещению для выращивания птицы. В то время как температура и относительная влажность воздуха изменяются в большей степени в зависимости от рабочего времени системы отопления и интенсивности работы системы вентиляции (в режиме минимальной вентиляции для зимнего периода года). Наибольшая равномерность микроклимата по содержанию углекислого газа в воздухе отмечена в суточном, 7-суточном и 42-суточном возрастах перепелов, что может характеризоваться как равномерный микроклимат, требующий учёта времени работы газогенераторов открытого горения в птичнике. Учитывая весь период выращивания перепелов наблюдается неравномерный воздухообмен, судя по содержанию углекислого газа в воздухе птичника, амплитуда индекса равномерности микроклимата составляет 6,8 единиц; по температуре воздуха – 8,4 единиц, по относительной влажности воздуха – 5,3 единиц.

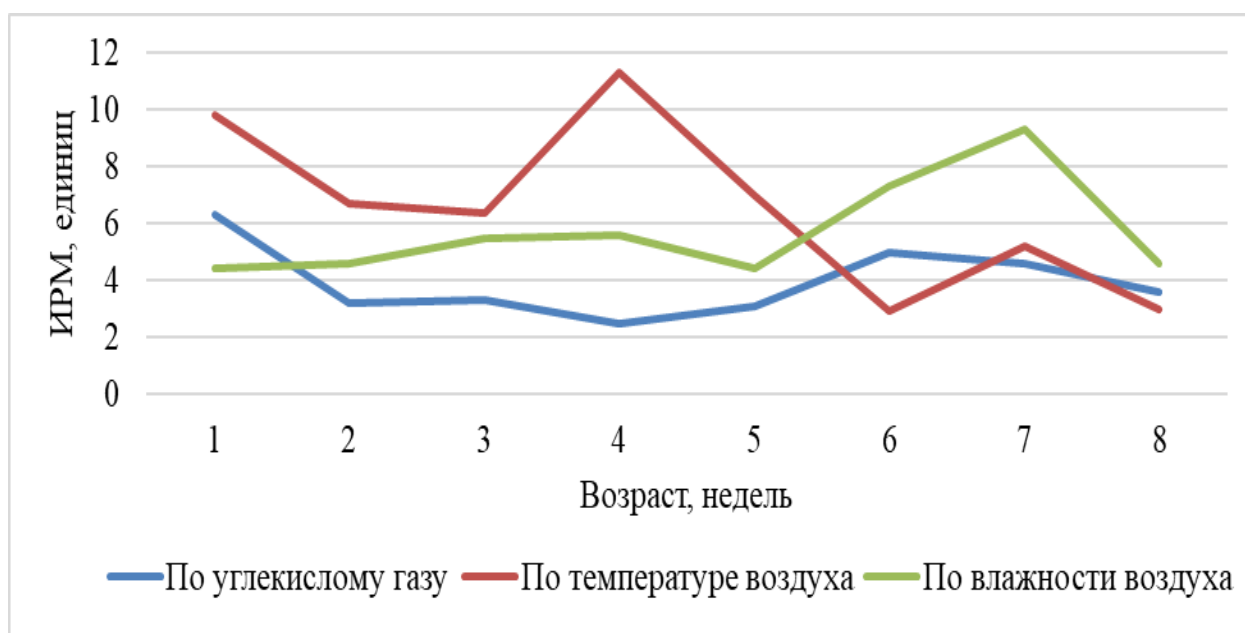


Рис. 10. Индекс равномерности микроклимата, единиц

Индекс равномерности микроклимата в зависимости от маркерного показателя самостоятелен и не сравним между собой. Однако, анализ значений, полученных с 49 по 56 сутки выращивания перепелов, характеризует общую тенденцию снижения или повышения равномерности микроклимата (воздухообмена / микроклиматических параметров) в помещении с учётом всех маркерных показателей.

Таблица 18

Индекс равномерности микроклимата, единиц

Возраст, сутки	Параметр микроклимата		
	По содержанию углекислого газа в воздухе	По температуре воздуха	По относительной влажности воздуха
1	9,3	6,8	4,0
7	6,3	9,8	4,4
14	3,2	6,7	4,6
21	3,3	6,4	5,5

Продолжение таблицы 18			
28	2,5	11,3	5,6
35	3,1	7,0	4,4
42	5,0	2,9	7,3
49	4,6	5,2	9,3
56	3,6	3,0	4,6

Исходя из выполненных научно-практических исследований следует заключить, что в зимний период года при выращивании мясных перепелов на глубокой подстилке, учитывая всю производственную площадь помещения наблюдается микроклиматическая зональность, подтверждаемая расчётом индекса равномерности микроклимата.

3.3.2. Зоотехническая эффективность выращивания перепелов

Средняя живая масса мясных перепелов в возрастной динамике представлена в таблице 19. В суточном возрасте сформированы группа методом пар-аналогов, учитывая фактор живой массы. Достоверная разность между опытными группами отмечена с 14-суточного до предубойного возраста. В 14-суточном возрасте группы 1 и 3 достоверно превосходили группы 2 и 4 по изучаемому показателю. Начиная с 21-суточного возраста перепелов группы 2 и 4 достоверно уступали по изучаемому показателю группам 1, 3 и 5 до 56-х суток выращивания, за исключением 49 суточного возраста. В целом отмечено превосходство перепелов по живой массе в переднем торцевом участке слева, в середине и тыльном торцевом участке справа (по диагонали помещения). Такая тенденция указывает на наличие микроклиматической зональности в производственном помещении. Так, в 56-

суточном возрасте перепела группы 3, достоверно превосходили по средней живой массе сверстников групп 2 и 4 – на 23,1 и 28,2 г соответственно.

Таблица 19

Средняя живая масса перепелов, г

Возраст, сутки	Группа				
	1	2	3	4	5
1	9,2±0,1 а	9,2±0,1 а	9,2±0,1 а	9,2±0,1 а	9,2±0,1 а
7	42,3±0,7 а	39,8±0,6 а	43,9±0,5 а	40,4±0,7 а	41,3±0,6 а
14	104,3±1,6 а	97,6±1,5 б	103,8±1,4 а	98,9±1,5 бв	103,0±1,6 ав
21	170,4±2,4 а	153,3±2,1 б	169,3±2,5 а	156,6±2,1 б	169,0±2,6 а
28	223,1±3,3 а	211,0±3,1 б	227,9±3,2 а	211,1±3,0 б	222,3±3,4 а
35	262,3±3,9 а	240,4±3,7 б	263,6±3,6 а	241,7±3,8 б	258,7±3,9 а
42	280,2±4,9 а	264,4±4,8 б	287,3±4,7 а	265,4±4,7 б	284,8±4,8 а
49	282,5±5,3 аб	268,6±5,0 а	290,5±5,4 б	269,9±5,2 а	289,6±5,4 б
56	297,7±5,9 а	276,6±5,8 б	299,7±5,7 а	271,5±5,9 б	296,9±5,8 а

Примечание: разность между средними значениями в группах (в пределах возраста и показателя), обозначенными разными буквами достоверна при $P \geq 0,95$.

Среднесуточный прирост живой массы перепелов представлен в таблице 18. В 7-, 14-, 42-, 56-суточном возрасте наибольшее различие между группами установлено в количестве 0,5 г; в 21 сутки – 0,8 г; в 28 суток – 0,6 г; в 35 суток – 0,7 г; в 49 суток – 0,4 г. Наивысший среднесуточный прирост достигнут в 28-суточном возрасте перепелов в группе 3 – 7,8 г, что на 0,2; 0,6; 0,6 и 0,2 г больше, чем в группах 1, 2, 4 и 5 соответственно (табл. 20).

Таблица 20

Среднесуточный прирост живой массы перепелов, г

Возраст, сутки	Группа				
	1	2	3	4	5
7	4,7	4,4	4,9	4,4	4,6
14	6,8	6,3	6,7	6,4	6,7
21	7,7	6,9	7,6	7,0	7,6
28	7,6	7,2	7,8	7,2	7,6
35	7,2	6,6	7,3	6,6	7,1
42	6,4	6,1	6,6	6,1	6,5
49	5,6	5,3	5,7	5,3	5,7
56	5,1	4,8	5,2	4,7	5,1

Среднесуточный прирост живой массы перепелов по возрастным периодам представлен в таблице 21. Данный показатель рассчитан для установления возрастного периода с наиболее интенсивным приростом живой массы. Установлено, что с 14 по 21 сутки выращивания перепелов наивысшие значения получены в группах 1, 5 и 3 – в среднем 9,4 г, что выше по сравнению с группами 2 и 4 – на 1,5 и 1,2 г соответственно.

Таблица 21

Среднесуточный прирост живой массы перепелов по возрастным периодам, г

Возраст, сутки	Группа				
	1	2	3	4	5
7-14	8,8	8,2	8,5	8,3	8,8
14-21	9,4	7,9	9,3	8,2	9,4
21-28	7,5	8,2	8,4	7,8	7,6
28-35	5,6	4,2	5,1	4,4	5,2
35-42	2,5	3,4	3,4	3,4	3,7
42-49	0,3	0,6	0,4	0,6	0,7
49-56	2,2	1,1	1,3	0,2	1,0

Сохранность перепелят за весь период выращивания приведена в таблице 22. В 7-суточном возрасте сохранность в группах 1 и 5 сохранялась на уровне 100,0, в то время как в группах 2, 3 и 4 пало по 1 перепелу соответственно. В целом сохранность поголовья в группах на высоком уровне, учитывая изучаемое поголовье. В предубойном возрасте птицы данный показатель в группе 3 составил 96,2%, что на 1,2% выше по сравнению с группами 1 и 5; на 2,5% выше, чем в группах 2 и 4.

Таблица 22

Сохранность перепелят, %

Возраст, сутки	Группа				
	1	2	3	4	5
1	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
7	100,0	98,7	98,7	98,7	100,0
14	98,7	96,2	98,7	98,7	98,7
21	98,7	96,2	97,5	98,7	98,7
28	96,2	96,2	97,5	97,5	96,2
35	96,2	95,0	96,2	97,5	96,2
42	96,2	95,0	96,2	96,2	95,0
49	96,2	93,7	96,2	96,2	95,0
56	95,0	93,7	96,2	93,7	95,0

Расход корма на 1 кг прироста живой массы перепелов в возрастной динамике представлен в таблице 23. На протяжении всего периода выращивания птицы наблюдается тенденция наиболее эффективного расходования корма в центральной части помещения, что может быть связано с дополнительной циркуляцией воздуха и большим доступом

поголовья к «обновлённому» воздуху в участках измерений. В 56-суточном возрасте изучаемый показатель в группе 3 составил 5,39 кг, что на 0,03-0,10 кг ниже, в сравнении с группами 1, 2, 4 и 5 соответственно. Эффективность расходования корма напрямую взаимосвязана с мясной продуктивностью сельскохозяйственной птицы, так как со снижением температуры воздуха в помещении, птица расходует корм на поддержание терморегуляторного гомеостаза, а не на превращение корма в мышцы.

Таблица 23

Расход корма на 1 кг прироста живой массы, кг

Возраст, сутки	Группа				
	1	2	3	4	5
1-14	2,18	2,26	2,15	2,24	2,23
1-21	2,49	2,53	2,41	2,51	2,51
1-28	2,99	3,07	2,95	3,02	3,04
1-35	3,89	3,92	3,71	3,75	3,79
1-42	4,76	4,81	4,69	4,79	4,78
1-49	5,19	5,21	5,17	5,20	5,23
1-56	5,44	5,49	5,39	5,43	5,42

Комплексный показатель, оценивающий эффективность производства мяса перепелов – индекс продуктивности перепелов, рассчитан в таблице 24. Полученные данные свидетельствуют о различной эффективности выращивания птицы в зависимости от микроклиматической зоны содержания. Показатель рассчитан для возрастных периодов, в которые возможно отправлять птицу на убой. Снижение индекса с взрослением птицы в пределах группы связано с увеличением расхода корма на 1 кг прироста

живой массы и снижением сохранности. Во всех возрастных периодах индекс различается между группами. Учитывая, что достоверная разность по средней живой массе между группами получена в 35-56-суточном возрасте, возможно учитывать индекс при принятии решения о необходимом сроке откорма птицы. Так, в 35-суточном возрасте перепелов разность между наибольшим и наименьшим значением индекса составила – 2,9 единиц; в 42 суток – 1,6 единиц; в 49 и 56 суток – 1,1 единиц. Разность величин индекса между изучаемыми группами свидетельствуют о наличии микроклиматической зональности в птичнике и подтверждает формирование аэроостазных зон преимущественно у боковых стен в участках, приближённых к газогенераторам.

Таблица 24

Индекс продуктивности перепелов, единиц

Возраст, сутки	Группа				
	1	2	3	4	5
35	18,5	16,6	19,5	17,9	18,8
42	13,5	12,4	14,0	12,7	13,5
49	10,7	9,9	11,0	10,2	10,7
56	9,3	8,4	9,5	8,4	9,3

Производство мяса перепелов в живой массе в расчёте на 1 м² производственной площади птичника отражено в таблице 25. В зависимости от сохранности поголовья и средней живой массы перепелят в различные возрастные периоды, показатель между группами отличается. Преимущественно наибольшее количество мяса в живой массе получено в группе 3 (середина помещения) во все возрастные периоды, за исключением суточного и 21-суточного возраста. В предубойном возрасте перепелов

производство мяса в живой массе в группе 3 составило 23,1 кг, что на 0,5; 2,4; 2,7 и 0,5 кг больше в сравнении с группами 1, 2, 4 и 5 соответственно. Количество произведённого мяса также зависит от плотности посадки, но учитывая конкурентные отношения в сообществе мясных перепелат с изменением микроклимата в определённой части помещения, поголовье смещается в сторону наиболее благоприятных условий, что влечёт за собой изменение нагрузки на кормушки и линию поения.

Таблица 25

Производство мяса в расчёте на 1 м² производственной площади, кг

Возраст, сутки	Группа				
	1	2	3	4	5
1	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
7	3,4	3,1	3,5	3,2	3,3
14	8,2	7,5	8,2	7,8	8,1
21	13,5	11,8	13,2	12,4	13,3
28	17,2	16,2	17,8	16,5	17,1
35	20,2	18,3	20,3	18,8	19,9
42	21,6	20,1	22,1	20,4	21,6
49	21,7	20,1	22,4	20,8	22,0
56	22,6	20,7	23,1	20,4	22,6

3.3.3. Экономическая эффективность производства мяса перепелов

Расчёт экономической эффективности выращивания мясных перепелат (табл. 26) в разных микроклиматических участках помещения позволил определить, что наибольшая прибыль (19,7 тыс. руб.) получена благодаря более высокой выручке от реализации мяса (91,8 тыс. руб.) в группе 3, что на 1,7; 9,2; 10,8 и 2,0 тыс. руб. больше, чем в группах 1, 2, 4 и 5 соответственно. Наивысший уровень рентабельности получен в группе 3 – 27,3%, что выше

по сравнению с группами 1, 2, 4 и 5 на 1,6; 4,8; 3,3 и 1,0 процентных пункта соответственно. Таким образом, экономически обоснована необходимость устранения микроклиматической зональности в производственных помещениях при производстве мяса перепелов на глубокой подстилке.

Таблица 26

**Экономическая эффективность выращивания перепелов
в расчёте на 1000 голов начального поголовья**

Показатель	Группа				
	1	2	3	4	5
Конечное поголовье, гол.	950	937	962	937	950
Произведено мяса в убойной массе, кг	183,8	168,5	187,4	165,3	183,3
Выручка от реализации мяса в убойной массе, тыс. руб.	90,1	82,6	91,8	81,0	89,8
Полная себестоимость мяса, тыс. руб.	71,7	67,4	72,1	65,3	71,1
Прибыль, тыс. руб.	18,4	15,2	19,7	15,7	18,7
Уровень рентабельности, %	25,7	22,5	27,3	24,0	26,3

С целью повышения зоотехнической и экономической эффективности производства мяса перепелов, следует нормировать микроклимат в птичнике с глубокой подстилкой на протяжении всего периода выращивания птицы, учитывая индекс равномерности микроклимата с измерением содержания углекислого газа в воздухе не более чем на 5 отдельных участках птичника в качестве экспресс-метода оценки эффективности работы системы вентиляции и отопления.

4. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРОВЕРКА

«Эффективность выращивания мясных перепелов на глубокой подстилке в зависимости от микроклиматической зональности»

Производственная проверка проводилась в производственном корпусе размерами 58х12х3 м с начальным поголовьем 56100 голов (Приложение). В птичник были размещены перепелята с плотностью посадки 80,0 голов/м², полученные от одновозрастного родительского стада. Перепелов выращивали на глубокой подстилке с нагрузкой на 1 ниппель – 20 голов, на 1 кормушку – 40 голов. В опыте сформировали 5 групп суточных перепелят по 80 голов в каждой, отобранных методом случайной выборки, в которых выращивали птицу до 70-суточного возраста на всей площади производственного помещения в специально отведённых 5-и участках (каждый площадью 1,1 м²) предположительно отличных по условиям микроклимата в передней и тыльной торцевых частях помещения слева и справа соответственно (6 м от торцевых стен и 2 м от боковых стен) и в центральной части помещения посередине (29 м от торцевых стен и 6 м от боковых стен).

Воздухообмен в производственном помещении со скатной крышей обеспечивали приточно-вытяжной системой вентиляции, работающей по принципу отрицательного давления. Программа работы вентиляционной системы настроена по минимальному воздухообмену. Общая площадь птичника – 700 м². В опыте микроклимат поддерживали и регулировали через контроллер «Овен ИПП 120». Комплект отопления и вентиляции состоял из: 2 газогенераторов Ermaf GP 70 (каждый производительностью 5 тыс м³/ч и дальностью тепловой струи воздуха до 70 м), установленных на высоте 1,6 м от глубокой подстилки. Газогенераторы размещены против часовой стрелки по диагонали друг от друга (один в начале справа, другой –

в торце слева); стенных приточных клапанов (13 штук), установленных в правой стене на высоте 2 м и через каждые 3 м друг от друга; в противоположной стене установлены 4 вытяжных вентилятора (каждый производительностью 15 тыс. м³/ч) и 4 вытяжных вентилятора в торцевой стене (каждый производительностью 56 тыс. м³/ч). Суммарная фактическая производительность вытяжной вентиляции в птичнике 284 тыс. м³/ч. С целью повышения однородности микроклимата в помещении установлены 2 рециркуляционных вентилятора (каждый производительностью 8 тыс. м³/ч) в середине птичника слева и справа соответственно, на высоте 1,6 м от глубокой подстилки. Запуск циркуляционных вентиляторов осуществляли с 2-недельного возраста перепелов с бесперебойной работой и направлением движения воздуха от газогенераторов вдоль наружных стен помещения.

Результаты производственной проверки по выявлению эффективности выращивания мясных перепелов на глубокой подстилке в зависимости от микроклиматической зональности представлены в таблице 27.

Таблица 27

Результаты производственной проверки

Показатели	Варианты					
	Базовый	1	2	3	4	5
Принято на выращивание, голов	56 100	80	80	80	80	80
Сохранность поголовья, %	94,3	95,0	93,7	95,0	92,5	95,0
Поголовье в конце выращивания, голов	52 902	76	75	76	74	76
Средняя масса перепелов в конце выращивания, г	320,0	329,5	315,0	330,6	310,3	329,3
Среднесуточный прирост, г	4,4	4,6	4,4	4,6	4,3	4,6
Затраты корма на 1 кг прироста живой массы, кг	6,08	6,11	6,14	6,08	6,12	6,12
Индекс продуктивности перепелов в 70 суток, единиц	7,1	7,3	6,9	7,4	6,7	7,3

Установлено, что перепелята, выращиваемые на различных по условиям микроклимата участках производственного помещения имеют различную продуктивность и необходима дополнительная настройка системы вентиляции и отопления, что выражено градиентом содержания углекислого газа в воздухе в количестве от 300 до 500 ppm; температуры воздуха – от 1,6 до 5,5°C; относительной влажности воздуха – от 6,1 до 10,3%, а также отличающимся индексом равномерности микроклимата в пределах от 2,5 до 9,3 единиц в зависимости от возраста птицы и участка птичника для измерений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выполненных исследованиях определена необходимость закладки на инкубацию перепелиных яиц, калиброванных по массе, в связи с подтверждением микроклиматической зональности между ярусами инкубатора; установлена целесообразная глубина насыпи подстилочного материала для выращивания перепелят на мясо; установлена различная эффективность выращивания мясных перепелов на глубокой подстилке в условиях микроклиматической зональности в промышленном птичнике, что также подтверждено производственной проверкой, рассчитана экономическая эффективность совершенствования технологии инкубации перепелиных яиц и выращивания мясных перепелов на глубокой подстилке, сформулированы соответствующие **выводы**:

1. Установлена, ввиду наличия зон, существенно отличающихся друг от друга, микроклиматическая зональность в инкубаторах с объёмом воздуха 0,56 м³ и в птичниках с объёмом воздуха 2088 м³, что указывает на необходимость совершенствования систем воздухообмена.

2. При закладке перепелиных яиц, калиброванных по массе, в инкубаторы с 3-ми ярусами подтверждено наличие микроклиматической зональности в инкубаторе, что выражается в разности концентрации углекислого газа в воздухе между верхним и нижним ярусами в 3,6 раза; температуры воздуха – на 0,3°C; относительной влажности воздуха – 13,0%.

3. В условиях инкубирования с закладкой «крупных» перепелиных яиц на верхний ярус, «средних» на средний, а «мелких» – на нижний ярус инкубатора, увеличены инкубационные качества яиц, что характеризуется увеличением выводимости яиц – на 13,4%; вывода перепелят – на 10,6% и снижением отходов инкубации: замерших эмбрионов – на 11,3%; задохликов – на 2,0%, что также позволило увеличить уровень рентабельности на 10,6%.

4. Выращивание перепелов на подстилке с глубиной насыпи 5 см позволило улучшить состояние подошвы стоп перепелят и состояние подстилочного материала, что выражается в увеличении балльной оценки состояния подошвы стоп на 1,4 балла при отсутствии ран и прилипшего влажного помёта, а также в уменьшении балльной оценки состояния подстилочного материала на 2,5 балла при сухой, рыхлой и рассыпчатой подстилке по всей глубине.

5. Подтверждена целесообразность минимизации применения подстилочного материала для сокращения расходов при выращивании перепелов на глубокой подстилке. Сокращение расходования подстилочного материала в 1,4 – 2,0 раза на фоне отсутствия существенных изменений продуктивности перепелов привело к увеличению уровня рентабельности производства мяса перепелов на 2,0 – 2,1%.

6. В условиях выращивания мясных перепелов на глубокой подстилке с применением индекса равномерности микроклимата в разных микроклиматических зонах, зоотехническая эффективность в центральной зоне птичника характеризуется увеличением средней живой массы перепелят на 7,7-9,4%, сохранности поголовья птицы на 1,2-2,5%, снижением затрат корма на 1 кг прироста живой массы перепелов на 0,5-1,8%, повышением индекса продуктивности перепелов на 0,2-1,1 единиц, увеличением производства мяса в расчёте на 1 м² производственной площади на 2,2-13,2%.

7. Экономическая эффективность выращивания мясных перепелов на глубокой подстилке на различных микроклиматических участках выражена в превосходстве центральной зоны птичника с наивысшим уровнем рентабельности по сравнению с птицей, выращиваемой в других зонах птичника на 1,0-4,8%.

Предложения производству

С целью увеличения зоотехнической и экономической эффективности производства мяса перепелов необходимо применять усовершенствованные элементы технологии инкубации перепелиных яиц и выращивания перепелят на глубокой подстилке, **исходя из следующих рекомендаций:**

1. В процессе инкубации с различными схемами закладки калиброванных по массе перепелиных яиц в зависимости от микроклиматической зональности инкубатора крупные яйца (14,1-16,0 г) следует закладывать на верхний ярус, средние (13,1-14,0 г) на средний ярус, мелкие (10,0-13,0 г) – на нижний ярус.

2. Для рационального использования подстилочного материала (на примере древесной стружки) при напольном способе выращивания перепелов, улучшения состояния подошвы стоп перепелят и подстилочного материала, выращивать поголовье на подстилке глубиной 5 см.

3. С целью снижения микроклиматической зональности в инкубаторах применять датчики углекислого газа, установленные на верхнем и нижнем ярусах соответственно; в птичниках с глубокой подстилкой применять индекс равномерности микроклимата на основании 5 измерений концентрации углекислого газа в воздухе помещения в равноудалённых микроклиматических зонах.

Перспективы дальнейшей разработки темы

В дальнейших исследованиях необходимо оптимизировать (повысить равномерность воздухообмена) в инкубаторах при инкубации перепелиных яиц; в птичниках при выращивании перепелов на мясо. Также, при выращивании перепелов на глубокой подстилке, возможно испытание различных по гигроскопичности видов подстилочного материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматизация сельскохозяйственного объекта на примере птицефабрики ЗКО / D. Japarova, E. Ербаев, Н. Утемисова [и др.] // Наука и образование. – 2023. – Т. 3, № 2 (71). – С. 77–86.

2. Автоматизированная система обеспечения микроклимата в птичниках / И. М. Довлатов, Л. Ю. Юферев, В. В. Кирсанов [и др.] // Вестник НГИЭИ. – 2018. – № 7 (86). – С. 7–18.

3. Афанасьев Г. Д., Попова Л. А., Еригина Р. А. Мясная продуктивность перепелов бройлерного типа на разных стадиях онтогенеза // Птица и птицепродукты. – 2013. – № 3. – С. 50–52.

4. Афанасьев Г. Д., Попова Л. А., Саиду С. Ш. Мясная продуктивность перепелов разного происхождения // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 3. – С. 94–101.

5. Бачинина К. Н. Новый селекционный приём повышения яичной продуктивности перепелов // Точки научного роста: на старте десятилетия науки и технологии : материалы ежегодной научно-практической конференции преподавателей по итогам НИР за 2022 г. – Краснодар, 2023. – С. 343–345.

6. Бачинина К. Н., Карданов Ю. А. Перспективы использования перепелиных яиц при производстве продуктов питания // Здоровьесберегающие технологии, качество и безопасность пищевой продукции : сборник статей по материалам Всероссийской конференции с международным участием. – Краснодар, 2021. – С. 219–221.

7. Бачинина К. Н., Щербатов В. И. Морфологические показатели и качество яиц перепелов разных пород // Птицеводство. – 2021. – № 6. – С. 69–72.

8. Белякова Л., Кочетова З. Технология выращивания и содержания перепелов // Птицеводство. – 2006. – № 2. – С. 16–20.

9. Бидеев Б. А. Возрастные изменения биохимических показателей крови перепелов разных пород // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2015. – Т. 52, ч. 4. – С. 103–106.

10. Бидеев Б. А. Яичная продуктивность перепелов разных пород // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2015. – Т. 52, № 4. – С. 106–109.

11. Блинов Е. В. Формирование однородности стада // Животноводство России. – 2008. – № 6. – С. 21–22.

12. Блинов Е. В. Эмбрионы как признак однородности стада // Животноводство России. – 2008. – № 10. – С. 71.

13. Бобылёва Г. А. Обеспечим достижение намеченных целей // Птица и птицепродукты. – 2019. – № 1. – С. 8–9.

14. Буяров В. С. Ресурсосберегающие приемы выращивания бройлеров // Животноводство России. – 2007. – № 8. – С. 15–16.

15. Буяров В. С., Головина С. Ю., Буяров А. В. Эффективность современных энергоресурсосберегающих технологий производства мяса бройлеров // Аграрный вестник Верхневолжья. – 2019. – № 2 (27). – С. 86–98.

16. Буяров В. С., Салеева И. П., Буярова Е. А. Ресурсосберегающие методы и приёмы повышения эффективности производства мяса бройлеров // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2009. – № 2 (17). – С. 54–60.

17. Буяров В. С., Сахно О. Н., Буяров А. В. Ресурсосберегающие технологии как основа импортозамещения в животноводстве и птицеводстве // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2016. – № 2 (59). – С. 16–20.

18. Буяров В. С., Столляр Т. А., Буяров А. В. Научные основы ресурсосберегающих технологий производства мяса бройлеров / под общ. редакцией В. С. Буярова. – Орёл : Изд-во ОрёлГАУ, 2013. – 284 с. – ISBN 978-5-93382-202-8. – EDN: RYUVEN.

19. Васильева Л. Т., Бычаев А. Г., Кулешова Л. А. Сравнительная характеристика биофизических качеств яиц, используемых в хозяйствах Ленинградской области пород перепелов // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2017. – № 47. – С. 112–115.

20. Включение голозерного овса в комбикорма перепелов родительского стада / Т. В. Селина, О. А. Ядрищенская, С. А. Шпынова [и др.] // Эффективное животноводство. – 2023. – Т. 5, № 187. – С. 64–65.

21. Влияние биологически активной добавки «Байкал ЭМ-2» на состояние органов пищеводно-желудочного отдела перепелов / А. А. Агаркова, П. В. Сафронова, Е. А. Просекова [и др.] // Главный зоотехник. – 2025. – № 6. – С. 3–14. – DOI: 10.33920/sel-03-2506-01.

22. Влияние возраста перепелок на инкубационные качества яиц и эмбриональное развитие / И. М. Гупало, А. А. Зотов, А. М. Долгорукова [и др.] // Птицеводство. – 2020. – № 9. – С. 63–66.

23. Влияние различной температуры и влажности при инкубации перепелиных яиц породы радонежские от матерей разного возраста на развитие эмбрионов / А. М. Долгорукова, А. А. Зотов, М. С. Тищенко [и др.] // Птицеводство. – 2021. – № 11. – С. 46–50.

24. Влияние сапропеля на продуктивность перепелов / С. А. Шпынова, Т. В. Селина, О. А. Ядрищенская [и др.] // Эффективное животноводство. – 2019. – № 3 (151). – С. 74–75.

25. Воспроизводительные качества перепелов разного происхождения / Г. Д. Афанасьев, Л. А. Попова, С. С. Шеху, А. С. Комарчев // Зоотехния. – 2014. – № 12. – С. 19–20.

26. Гальперн И. Л. Селекционно-генетические проблемы развития яичного и мясного птицеводства в XXI веке // Генетика и разведение животных. – 2015. – № 3. – С. 22–29.

27. Гистологическое строение органов пищеварения бройлеров при использовании комплекса биодобавок / Н. Г. Черепанова, В. П. Панов, А. Э. Семак [и др.] // Зоотехния. – 2020. – № 1. – С. 21–24.

28. Глинкина И. М., Стебенева Е. А. Яичная продуктивность перепелов различных генотипов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2011. – № 4 (31). – С. 143–145.

29. Глинкина И. М., Стебенева Е. А., Ромашов Б. В. Генетический анализ популяции перепелов японской породы // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2011. – № 4 (31). – С. 134–136.

30. Голубов И. И. Предпосылки эффективного функционирования перепеловодческого предприятия на рынке птицепродуктов // Птицеводство. – 2021. – № 1. – С. 67–71.

31. Голубов И. И., Красноярцев Г. В. В поисках эффективных инновационных решений (производственный опыт) // Птицеводство. – 2020. – № 1. – С. 60–64.

32. Голубов И. И., Красноярцев Г. В. Развивать отечественное перепеловодство! // Птица и птицепродукты. – 2012. – № 5. – С. 27–29.

33. Данилова А. А., Забашта Н. Н. Использование кормовой добавки из отходов растительного сырья в рационах для перепелов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2025. – № 188. – С. 130–138.

34. Дымков А. Б., Фисинин В. И. Породная дифференциация перепелов (*Coturnix japonica*) по морфологическим признакам яйца // Сельскохозяйственная биология. – 2022. – Т. 57, № 4. – С. 694–705.

35. Изменение обменной энергии в комбикормах при содержании перепелов / Е. А. Басова, О. А. Ядрищенская, С. А. Шпынова [и др.] // Ученые записки КГАВМ. – 2020. – Т. 243, № 3. – С. 17–23.

36. Инновационно-технологическое развитие птицеводства России / В. И. Фисинин, И. А. Егоров, В. С. Буяров, А. В. Буяров // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2014. – № 5. – С. 141–150.

37. Использование голозерного ячменя в комбикормах для перепелов / О. А. Ядрищенская, С. А. Шпынова, Т. В. Селина [и др.] // Эффективное животноводство. – 2021. – Т. 3, № 169. – С. 128–129.

38. Калинин М. Н., Шилов С. М. Создание оптимального микроклимата при минимальных затратах на энергоносители // Птицеводство. – 2015. – № 9. – С. 33–34.

39. Качество перепелиных яиц и суточных перепелят породы «Радонежские» / А. А. Зотов, И. М. Гупало, А. М. Долгорукова [и др.] // Птицеводство. – 2020. – № 7-8. – С. 39-43.

40. Колокольникова Т. Н., Дымков А. Б., Понтанькова Е. П. Особенности эмбрионального развития перепелов мясных пород // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2021. – Т. 51, № 4. – С. 54–61.

41. Крапчина Л. Н., Гемаюрова К. С. Перепеловодство как перспективный вид предпринимательской деятельности // Российское предпринимательство. – 2013. – № 5 (227). – С. 87–92.

42. Ленкова Т. Н., Егорова Т. А., Аншаков Д. В. Энерго-протеиновое и аминокислотное питание перепелов // Птицеводство. – 2021. – № 12. – С. 31–34.

43. Малородов В. В., Голентовский Д. Н., Сафиулина Г. С. Инкубационные качества перепелиных яиц калиброванных по массе в зависимости от ярусности закладки и микроклиматической зональности //

Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2024. – № 110. – С. 263–267.

44. Малородов В. В., Козлов Б. К. Атлас биологического контроля инкубации перепелиных яиц. Последствия термического воздействия на эмбриогенез перепелов // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. – 2023. – № 1 (39). – С. 63–71.

45. Малородов В. В., Кравченко А. А. Продуктивность перепелов в заключительный период яйценоскости при режиме ограниченного кормления // Труды КубГАУ. – 2022. – № 94. – С. 34–36.

46. Малородов В. В., Черепанова Н. Г. Влияние неравномерности микроклимата в птичниках на респираторную систему сельскохозяйственной птицы // Тимирязевский биологический журнал. – 2023. – Вып. 1. – С. 23–28.

47. Михалёв П. В., Василевский Н. М. Эффективность применения новых методов контроля микроклимата при выращивании цыплят-бройлеров // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2012. – Т. 212. – С. 319–323. – EDN: PENSTF.

48. Морфометрические параметры яиц перепелов мясных пород / Н. Ю. Герман, А. Н. Ветох, А. Ю. Джагаев, Э. Р. Ильина, Т. О. Котова // Ветеринария и кормление. – 2023. – № 2. – С. 20–23. – DOI: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2023-2-5.

49. Морфометрические показатели стенки зоба цыплят бройлеров при использовании некоторых биологически активных кормовых добавок / Н. Г. Черепанова, В. В. Малородов, А. Э. Семак [и др.] // Генетика и разведение животных. – 2022. – № 4. – С. 68–75.

50. Морфофизиологические показатели и продуктивность перепелов при скормливании биологически активной добавки «Байкал ЭМ-2» / А. А. Агаркова, А. И. Кармишкин, И. Н. Сычева, М. А. Палкин, И. К. Медведев // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета

имени П. А. Костычева. – 2025. – Т. 17, № 1. – С. 5–11. – DOI: 10.36508/RSATU.2025.59.87.002.

51. Наумова В. В., Донец В. Н. Мясная продуктивность перепелов породы фараон в разные сроки выращивания // Вестник Ульяновской ГСХА. – 2013. – № 4 (24). – С. 93–97.

52. Османян А. К., Эдилова А. А., Малородов В. В. Калибровка инкубационных яиц по массе и выращивание ремонтного молодняка перепелов в равновесовых сообществах // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. – 2025. – № 2 (48). – С. 44–50. – DOI: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-44-50.

53. Османян А. К., Эдилова А. А., Малородов В. В. Калибровка инкубационных яиц по массе и выращивание ремонтного молодняка перепелов в равновесовых сообществах // Известия КБГАУ. – 2025. – № 2 (48). – С. 44–50. – DOI: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-44-50.

54. Оценка племенных качеств сельскохозяйственной птицы мясного направления продуктивности (обзор) / В. С. Буяров, Я. С. Ройтер, А. Ш. Кавтарашвили [и др.] // Вестник аграрной науки. – 2019. – № 3 (78). – С. 30–38.

55. Приоритетные направления научных исследований в птицеводстве / В. С. Буяров, Л. В. Калашникова, Н. А. Алдобаева [и др.] // Биология в сельском хозяйстве. – 2017. – № 2 (15). – С. 17–25.

56. Продуктивность мясных перепелов в зависимости от уровня протеина в рационах / Т. Н. Ленкова, Т. А. Егорова, И. Г. Сысоева [и др.] // Птицеводство. – 2019. – № 11–12. – С. 54–57.

57. Разработка автоматической системы управления микроклиматом на закрытых перепелиных фермах / С. Н. Костарев [и др.] // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. – 2022. – Vol. 1043. – DOI: 10.1088/1755-1315/1043/1/012004.

58. Результативность выращивания перепелов на мясо в зависимости от глубины насыпи подстилочного материала в птичнике / В. В. Малородов, В. Е. Полякова, Д. Н. Голентовский, А. А. Эдилова // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. – 2024. – № 4 (46). – С. 46–54. – DOI: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-46-54.

59. Рехлецкая Е. К. Качество инкубационных яиц и молодняка перепелов разных пород в зависимости от возраста птицы // Главный зоотехник. – 2024. – № 6 (251). – С. 40–50. – DOI: 10.33920/sel-03-2406-04.

60. Рехлецкая Е. К. Качество инкубационных яиц и суточного молодняка перепелов породы радонежские в зависимости от возраста несушек // Вестник КНАУ. – 2024. – Т. 22, № 6. – С. 330–334.

61. Ройтер Я. С., Дегтярева Т. Н., Дегтярева О. Н. Особенности отбора и комплектования племенного стада мясных перепелов // Вестник аграрной науки. – 2022. – № 1 (94). – С. 60–64. – DOI: 10.17238/issn2587-666X.2022.1.60.

62. Селина Т. В., Шпынова С. В. Рыжиковый жмых – кормовой ингредиент в рационе птицы // Эффективное животноводство. – 2018. – № 7 (146). – С. 28–29.

63. Состояние и перспективы развития мясного птицеводства / В. С. Буяров, А. В. Буяров, И. С. Клейменов, О. А. Шалимова // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2012. – № 1 (34). – С. 49–61. – EDN: PWIUUJ.

64. Сошнев Д. А. Определение рентабельности производства мяса птицы в технологических модулях // АгроЭкоИнженерия. – 2024. – № 2 (119). – С. 92–104. – DOI: 10.24412/2713-2641-2024-2119-92-104. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-rentabelnosti-proizvodstva-myasa-ptitsy-v-tehnologicheskikh-modulyah> (дата обращения: 22.04.2026).

65. Сравнительная характеристика мясной продуктивности перепелов разных пород / О. К. Гогаев, Б. А. Бидеев, А. Р. Демурова, Л. Н. Гутиева // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2016. – Т. 53, № 1. – С. 25–30.

66. Сторчевой В.Ф., Сучугов С.В., Компаниец А.В. Создание озонно-ионной воздушной среды в закрытых помещениях для содержания животных и птицы // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2019. N3(91). С. 35-39. DOI 10.34677/1728-7936-2019-3-35-39.

67. Сурепный и рыжиковый жмых в комбикормах для перепелов / Т. В. Селина, О. А. Ядрищенская, С. А. Шпынова [и др.] // Эффективное животноводство. – 2020. – Т. 5, № 162. – С. 26–27.

68. Технология производства мяса бройлеров : методические рекомендации / В. И. Фисинин, Т. А. Столляр, В. В. Гущин [и др.]. – Сергиев Посад : ВНИТИП, 2005. – 252 с.

69. Федеральная служба государственной статистики (Росстат). Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года. Том 5. поголовье сельскохозяйственных животных. поголовье перепелок в хозяйствах всех категорий [Электронный ресурс]. – URL: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения: 21.04.2026).

70. Федеральная служба государственной статистики (Росстат). Основные показатели сельского хозяйства в России в 2023 году. Сводные данные по сельскохозяйственным организациям, не относящимся к субъектам малого предпринимательства [Электронный ресурс]. – URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/24-CX_2023.xls (дата обращения: 21.04.2026).

71. Щербатов В. И., Смирнова Л. И., Щербатов О. В. Инкубация яиц сельскохозяйственной птицы : монография. Краснодар: КубГАУ, 2015. – 184 с.

72. Щербатов В. И., Алейникова К., Макарова Л. О. Новый приём прединкубационного отбора яиц мясных пород перепелов // Сельскохозяйственный журнал. – 2024. – Т. 17, № 2. – С. 45–51.

73. Щербатов В. И., Бачинина К. Н. Морфологические показатели и качество яиц перепелов разных пород // Научный журнал КубГАУ. – 2021. – № 168 (04). – С. 1–8.

74. Щербатов В. И., Бачинина К. Н. Способ отбора перепелов // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. – 2018. – № 138. – С. 140–148.

75. Щербатов В. И., Макарова Л. О. Потеря влаги куриными и перепелиными яйцами в зависимости от их оплодотворенности // Научный журнал КубГАУ. – 2021. – № 174 (10). – С. 1–7.

76. Эмбриональное развитие перепелов / Д. Н. Федотов, М. П. Кучинский, А. В. Кусенков [и др.] // Ученые записки ВГАВМ. – 2018. – Т. 54, вып. 1. – С. 76–81.

77. Эффективность использования бобов кормовых в кормлении перепелов / С. А. Шпынова, О. А. Ядрищенская, Т. В. Селина [и др.] // Эффективное животноводство. – 2022. – Т. 1, № 176. – С. 100–101.

78. Эффективность кормления препаратами на основе аира болотного на гематологические показатели и продуктивность перепелов при экспериментальном стрессе / Н. И. Ярован, Е. В. Неврова, Г. Ф. Рыжкова, А. А. Сергачев // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 4. – С. 77–83.

79. Юферев Л. Ю., Селезнева Д. М. Испытания комбинированной электроустановки для обеспыливания и обеззараживания воздуха в птичнике // Агроинженерия. – 2022. – № 3. – С. 12–18. – DOI: 10.26897/2687-1149-2022-3-12-

80. A way forward for the South African quail sector as a potential contributor to food and nutrition security following the aftermath of COVID-19: a review / C. M. Mnisi, M. Marareni, F. Manyeula [et al.] // *Agric. Food Secur.* – 2021. – Vol. 10. – Art. 48.

81. Adom E., Bir C., Lambert L. H. A financial comparison of small-scale quail and laying hen farm enterprises // *Poultry Science.* – 2023. – Vol. 102, No. 4. – P. 102507. – DOI: 10.1016/j.psj.2023.102507. – PMID: 36805393.

82. Ammonia Emission in Poultry Facilities: A Review for Tropical Climate Areas / M. D. Oliveira, F. C. Sousa, J. O. Saraz, A. A. Calderano, I. F. F. Tinôco, A. P. S. Carneiro // *Atmosphere.* – 2021. – Vol. 12, No. 9. – P. 1091. – DOI: 10.3390/atmos12091091.

83. An updated review on behavior of domestic quail with reference to the negative effect of heat stress / F. Batool, R. M. Bilal, F. U. Hassan, T. A. Nasir, M. Rafique, S. S. Elnesr, M. R. Farag, H. A. M. Mahgoub, M. A. E. Naiel, M. Alagawany // *Animal Biotechnology.* – 2023. – Vol. 34, No. 2. – P. 424–437. – DOI: 10.1080/10495398.2021.1951281. – PMID: 34355648.

84. Bavis R. W., Kilgore D. L. Jr. Effects of embryonic CO₂ exposure on the adult ventilatory response in quail: does gender matter? // *Respir Physiol.* – 2001. – Vol. 126, No. 3. – P. 183–199. – DOI: 10.1016/s0034-5687(01)00206-7.

85. Belnap S. C., Currea J. P., Lickliter R. Prenatal incubation temperature affects neonatal precocial birds' locomotor behavior // *Physiol. Behav.* – 2019. – Vol. 206. – P. 51–58. – DOI: 10.1016/j.physbeh.2019.03.002.

86. Ben-Ezra N., Burness G. Constant and Cycling Incubation Temperatures Have Long-Term Effects on the Morphology and Metabolic Rate of Japanese Quail // *Physiological and Biochemical Zoology.* – 2017. – Vol. 90, No. 1. – P. 96–105. – DOI: 10.1086/688383. – PMID: 28051937.

87. Broiler rearing systems: a review of major fattening results and meat quality traits / S. Bogosavljević-Bošković, S. Rakonjac, V. Dosković [et al.] //

World's Poultry Science Journal. – 2012. – Vol. 68, Iss. 2. – P. 217–228. – DOI: 10.1017/S0043933912000279.

88. Carbon footprint of poultry production farms in South Georgia: A case study / C. S. Dunkley, B. D. Fairchild, C. W. Ritz, B. H. Kiepper, M. P. Lacy // Journal of Applied Poultry Research. – 2015. – Vol. 24, No. 1. – P. 73–79. – DOI: 10.3382/japr/pfu005.

89. Combined effects of incubation temperature and lipopolysaccharide exposure on immune response modulation in the quail gut / J. D. S. Conceição, A. S. Khatlab, E. Gasparino, T. P. Santana, A. S. Carvalho, M. V. A. Batista, M. S. Filho, S. E. F. Guimaraes, J. S. Vieira, A. P. D. Vesco // Poult. Sci. – 2026. – Vol. 105, No. 4. – P. 106418. – DOI: 10.1016/j.psj.2026.106418.

90. Czarick M., Tyson B. Design considerations for tunnel-ventilated broiler houses // ASAE paper. – 1989. – No. 89-4527.

91. Daghir N. J. Nutritional strategies to reduce heat stress in broilers and broiler breeders // Lohmann Information. – 2009. – Vol. 44, No. 1. – P. 6–15.

92. Early posthatch feeding stimulates satellite cell proliferation and skeletal muscle growth in turkey poults / O. Halevy, Y. Nadel, M. Barak [et al.] // The Journal of Nutrition. – 2003. – Vol. 133. – P. 1376–1382. – DOI: 10.1093/jn/133.5.1376.

93. Early posthatch starvation decreases satellite cell proliferation and skeletal muscle growth in chicks / O. Halevy, A. Geyra, M. Barak [et al.] // The Journal of Nutrition. – 2000. – Vol. 130, No. 4. – P. 858–864. – DOI: 10.1093/jn/130.4.858.

94. Early posthatch thermal stress affects breast muscle development and satellite cell growth and characteristics in broilers / Y. Piestun, T. Patael, S. Yahav [et al.] // Poultry Science. – 2017. – Vol. 96, No. 8. – P. 2877–2888. – DOI: 10.3382/ps/pex065.

95. Early-age heat exposure affects skeletal muscle satellite cell proliferation and differentiation in chicks / O. Halevy, A. Krispin, Y. Leshem [et al.] // *American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*. – 2001. – Vol. 281. – P. 302–309. – DOI: 10.1152/ajpregu.2001.281.1.R302.

96. Effect of breeder age and storage conditions of Japanese quail eggs on hatchability, quail neonate quality, and Bursa of Fabricius characteristics / T. Rombaut [et al.] // *Poultry Science*. – 2021. – Vol. 100, No. 3. – P. 100–108. – DOI: 10.1016/j.psj.2020.09.067.

97. Effect of different litter materials on performance and footpad dermatitis in broiler chickens / M. Nagaraj, J. L. Wilson, J. B. Hess [et al.] // *Journal of Applied Poultry Research*. – 2005. – Vol. 14, Iss. 2. – P. 225–231. – DOI: 10.1093/japr/14.2.225.

98. Effect of relative humidity on incubation of Japanese quail eggs / J. M. Romao, T. G. V. Moraes, R. S. C. Teixeira, C. Buxade, W. M. Cardoso // *Livestock Research for Rural Development*. – 2009. – Vol. 21, No. 3. – Article 38. – URL: <http://www.lrrd.org/lrrd21/3/roma21038.htm> (дата обращения: 22.04.2026).

99. Effective technology of disinfecting ozonation of hatching chicken eggs / L. D. Timchenko, S. I. Piskov, M. Sh. Shakhbanov [и др.] // *Agrarian Science*. – 2024. – № 10. – P. 51–61. – DOI: 10.32634/0869-8155-2024-386-10-51-61.

100. Effects of stocking density and litter material on growth performance, carcass traits and litter quality in broiler chickens / I. Zahoor [et al.] // *The Journal of Animal and Plant Sciences*. – 2017. – Vol. 27, No. 2. – P. 455–462.

101. Effects of Thermal Manipulation During Early and Late Embryogenesis on Thermotolerance and Breast Muscle Characteristics in Broiler Chickens / A. Collin, C. Berri, S. Tesseraud, F. E. Requena Rodón, S. Skiba-Cassy, S. Crochet, M. J. Duclos, N. Rideau, K. Tona, J. Buyse, V. Bruggeman, E. Decuypere, M.

Picard, S. Yahav // Poultry Science. – 2007. – Vol. 86, No. 5. – P. 795–800. – DOI: 10.1093/ps/86.5.795.

102. Effects of Thermal Manipulation of Japanese Quail Embryo on Post-hatch Carcass Traits, Weight of Internal Organs, and Breast Meat Quality / S. N. El-Shater [et al.] // Slovenian Veterinary Research. – 2023. – Vol. 60, No. 2. – P. 67–73. – DOI: 10.26873/SVR-1584-2022.

103. Embryonic Thermal Manipulation Affects Ventilation, Metabolism, Thermal Control and Central Dopamine in Newly Hatched and Juvenile Chicks / A. C. G. Rocha, C. Cristina-Silva, C. L. Taxini, K. S. da Costa Silva, V. T. M. Lima, M. Macari, K. C. Bícigo, R. E. Szawka, L. H. Gargaglioni // Frontiers in Physiology. – 2021. – Vol. 12. – P. 699142. – DOI: 10.3389/fphys.2021.699142. – PMID: 34220555.

104. Embryonic thermal manipulation has short and long-term effects on the development and the physiology of the Japanese quail / A. Vitorino Carvalho, C. Hennequet-Antier, S. Crochet, T. Bordeau, N. Couroussé, E. Cailleau-Audouin, P. Chartrin, V. M. Darras, T. Zerjal, A. Collin, V. Coustham // PLoS One. – 2020. – Vol. 15, No. 1. – P. e0227700.

105. Embryonic thermal manipulation of Japanese quail: effects on embryonic development, hatchability, and post-hatch performance / S. N. El-Shater, H. Rizk, H. A. Abdelrahman, M. A. Awad, E. F. Khalifa, K. M. Khalil // Tropical Animal Health and Production. – 2021. – Vol. 53, No. 2. – P. 263. – DOI: 10.1007/s11250-021-02726-y. – PMID: 33864132.

106. Fan W., Peng H., Yang D. Review: The application and challenges of advanced detection technologies in poultry farming // Poultry Science. – 2025. – Vol. 104, No. 11. – P. 105870. – DOI: 10.1016/j.psj.2025.105870. – PMID: 40997597.

107. Grimes J. L., Carter T. A., Godwin J. L. Use of a litter material made from cotton waste, gypsum, and old newsprint for rearing broiler chickens //

Poultry Science. – 2006. – Vol. 85, No. 3. – P. 563–568. – DOI: 10.1093/ps/85.3.563.

108. Hadad Y., Halevy O., Cahaner A. Featherless and feathered broilers under control versus hot conditions. 1. Breast meat yield and quality // Poultry Science. – 2014. – Vol. 93. – P. 1067–1075. – DOI: 10.3382/ps.2013-03591.

109. Impact of acute short-term high thermal stress during early embryogenesis on hatchability, physiological body reaction, and ovarian follicles development of quails / A. A. Abuoghaba, F. Ali, I. I. Ismail, M. Saleh // Poultry Science. – 2021. – Vol. 100, No. 2. – P. 1213–1220. – DOI: 10.1016/j.psj.2020.11.019. – PMID: 33518079.

110. Impacts of storage period and egg weight on hatching and growth performance of growing Japanese quails / D. E. Abou-Kassem, G. A. El-Saiyad, R. A. El-Samahy, M. E. Abd El-Hack, A. E. Taha, M. Kamal, H. E. Alfassam, H. A. Rudayni, A. A. Allam, M. Moustafa, U. Algotpishi, E. A. Ashour // Poultry Science. – 2024. – Vol. 103, No. 7. – P. 103772. – DOI: 10.1016/j.psj.2024.103772. – PMID: 38669822.

111. Incubation temperature shapes growth and mitochondrial metabolism across embryonic development in Japanese quail / E. Thorat, M. G. Correia, I. Chamkha, E. Elmér, A. Nord // Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences. – 2025. – Vol. 292, No. – 2054. – P. 20251752. – DOI: 10.1098/rspb.2025.1752. – PMID: 40925569.

112. Influence of European quail breeders age on egg quality, incubation, fertility and progeny performance / T. C. Santos, A. E. Murakami, C. A. L. Oliveira [et al.] // Brazilian Journal of Poultry Science. – 2015. – Vol. 17, No. 1. – P. 57–64. – DOI: 10.1590/1516-635x170157-64.

113. Influence of Improved Microclimate Conditions on Growth and Physiological Performance of Two Japanese Quail Lines / A. M. Emam, S. S.

Elnesr, E. A. El-Full, B. Y. Mahmoud, H. Elwan // *Animals (Basel)*. – 2023. – Vol. 13, No. 6. – P. 1118. – DOI: 10.3390/ani13061118. – PMID: 36978658.

114. Influence of using probiotic on the productivity and morphometry of the organs in the visceral cavity of broiler chicks / Z. Abdallah, A. Nikishov, C. Jimenez [et al.] // *Caspian J. Environ. Sci.* – 2023. – Vol. 21, No. 2. – P. 431–437.

115. Internet of thing and automatics control system on quail egg incubator using human-centered design method / T. P. Utomo [et al.] // *AIP Conference Proceedings*. – 2022. – Vol. 2391, No. 1. – P. 020010. – DOI: 10.1063/5.0072923.

116. IoT-based incubator monitoring and machine learning powered alarm predictions / S. Al-Rubaye [et al.] // *Technology and Health Care*. – 2024. – Vol. 32, No. 2. – P. 789–801. – DOI: 10.3233/THC-230123.

117. Kangas J., Louhelainen K., Husman K. Gaseous health hazards in livestock confinement buildings // *Journal of Agricultural Science in Finland*. – 1987. – Vol. 59, No. 1. – P. 57–62. – DOI: 10.23986/afsci.72248.

118. Kumar Y. R. S. The development of quail eggs smart incubator for hatching system based on microcontroller and Internet of Things (IoT) // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2018. – Vol. 1140, No. 1. – P. 012009. – DOI: 10.1088/1742-6596/1140/1/012009.

119. Kuzin A. I., Borisova G. V., Gubanov D. V. Probiotik Spormetrin dlja profilaktiki i lechenija pri jendometrite korov // *Veterinarija*. – 2002. – № 11. – S. 28–29.

120. Lacy M. P., Czarick M. Tunnel-Ventilated Broiler Houses: Broiler Performance and Operating Costs // *Journal of Applied Poultry Research*. – 1992. – Vol. 1, No. 1. – P. 104–109. – DOI: 10.1093/japr/1.1.104.

121. Mayne R. K. A review of the aetiology and possible causative factors of foot pad dermatitis in growing turkeys and broilers // *World's Poultry Science Journal*. – 2005. – Vol. 61, Iss. 2. – P. 256–267. – DOI: 10.1079/WPS200453.

122. Microclimate measuring and fluid-dynamic simulation in an industrial broiler house: testing of an experimental ventilation system / B. Bianchi, F. Giametta, G. La Fianza [et al.] // *Veterinaria Italiana*. – 2015. – Vol. 51, No. 2. – P. 85–92. – DOI: 10.12834/VetIt.130.03.

123. Mohammed H. H., Said E. N., Abdel-Hamid S. E. Impact of different litter materials on behaviour, growth performance, feet health and plumage score of Japanese quail (*Coturnix japonica*) // *European Poultry Science*. – 2017. – Vol. 81. – DOI: 10.1399/eps.2017.194.

124. Narushin V. G., Romanov M. N., Bogatyr V. P. Relationship between egg shape index and hatchability in Japanese quail // *British Poultry Science*. – 2004. – Vol. 45, No. 4. – P. 524–530. – DOI: 10.1080/00071660412331286244.

125. Noiva R. M., Menezes A. C., Peleteiro M. C. Influence of temperature and humidity manipulation on chicken embryonic development // *BMC Veterinary Research*. – 2014. – Vol. 10. – P. 234. – DOI: 10.1186/s12917-014-0234-3. – PMID: 25267350.

126. On-farm ventilation fan performance evaluations and implications / K. D. Casey, R. S. Gates, E. F. Wheeler [et al.] // *Journal of Applied Poultry Research*. – 2008. – Vol. 17, Iss. 2. – P. 283–295. – DOI: 10.3382/japr.2006-00116.

127. Pattern of Pax7 expression during myogenesis in the posthatch chicken establishes a model for satellite cell differentiation and renewal / O. Halevy, Y. Piestun, M. Z. Allouh [et al.] // *Developmental Dynamics*. – 2004. – Vol. 231. – P. 489–502. – DOI: 10.1002/dvdy.20151.

128. Peanut hulls as a litter source for broiler breeder replacement pullets / R. J. Lien, J. B. Hess, D. E. Conner [et al.] // *Poultry Science*. – 1998. – Vol. 77, No. 1. – P. 41–46. – DOI: 10.1093/ps/77.1.41.

129. Preliminary Evaluation of an Advanced Ventilation-Control Algorithm to Optimise Microclimate in a Commercial Broiler House / K. F. Daniel, S. Lee, J.

Kim [et al.] // *Animals*. – 2024. – Vol. 14, No. 23. – P. 3445. – DOI: 10.3390/ani14233445. – PMID: 39682395.

130. Present status of quail farming in Africa: A review / J. C. Moreki, S. Bhawa, L. P. Kamwanga, L. Chiwaya, B. Kgosidintsi, M. Moreki, N. Nghonjuyi, A. Adesehinwa // *Poultry Science Journal*. – 2025. – Vol. 13, No. 2. – P. 135–149. – DOI: 10.22069/psj.2024.22304.2062.

131. Productivity of japanese quails in relation to body weight at the end of the rearing phase / T. C. Santos, A. E. Murakami, C. A. L. Oliveira, A. F. Q. G. Guerra // *Acta Scientiarum. Animal Sciences*. – 2016. – Vol. 38, No. 2. – P. 213–217. – DOI: 10.4025/actascianimsci.v38i2.29858.

132. Reduction of Energy Intensity in Broiler Facilities: Methodology and Strategies / C. Baxevanou, D. Fidaros, I. Giannenas, E. Bonos, I. Skoufos // *Frontiers in Veterinary Science*. – 2021. – Vol. 8. – P. 671183. – DOI: 10.3389/fvets.2021.671183. – PMID: 34447798.

133. Reduction of Energy Intensity in Broiler Facilities: Methodology and Strategies / C. Baxevanou, D. Fidaros, I. Giannenas, E. Bonos, I. Skoufos // *Frontiers in Veterinary Science*. – 2021. – Vol. 8. – P. 671183. – DOI: 10.3389/fvets.2021.671183. – PMID: 34447798.

134. Safwat S. M., Matta M. E. Environmental applications of Effective Microorganisms: a review of current knowledge and recommendations for future directions // *J. Eng. Appl. Sci.* – 2021. – Vol. 68. – P. 48.

135. Sorghum, millet and cassava as alternative dietary energy sources for sustainable quail production - A review / C. M. Mnisi, Ch. Oyeagu [et al.] // *Front. Anim. Sci.* – 2023. – Vol. 4. – Art. 1066388. – DOI: 10.3389/fanim.2023.1066388.

136. Stocking density: a clue for improving social behavior, welfare, health indices along with productivity performances of quail (*Coturnix coturnix*)—a review / M. I. El-Sabrout, S. S. A. Hassan, M. M. Zaki, F. K. R. Stino // *Tropical*

Animal Health and Production. – 2022. – Vol. 54, No. 1. – P. 83. – DOI: 10.1007/s11250-022-03083-0. – PMID: 35089445.

137. Structural Changes in the Digestive Tract of Broilers when Introducing a Probiotic / E. A. Prosekova, V. P. Panov, N. G. Cherepanova [et al.] // J. Biochem. Technol. – 2021. – Vol. 12, No. 2. – P. 70–77.

138. The effect of the biologically active substance Baikal EM-2 on the intestines of quails / A. Agarkova, O. Ivanova, E. Prosekova [et al.] // BIO Web Conf. – 2024. – Vol. 82. – P. 02009. – DOI: 10.1051/bioconf/20248202009.

139. The usage of ozone in agricultural technological processes / L. D. Timchenko, A. A. Naghdalian, M. B. Rebezov [и др.] // Infona.pl. – 2018. – № 45. – C. 33–38.

140. Thermal conditioning of quail embryos has transgenerational and reversible long-term effects / A. Vitorino Carvalho, C. Hennequet-Antier, R. Rouger, J. Delaveau, T. Bordeau, S. Crochet, N. Couroussé, F. Pitel, A. Collin, V. Coustham // Journal of Animal Science and Biotechnology. – 2023. – Vol. 14, No. 1. – P. 124. – DOI: 10.1186/s40104-023-00924-2. – PMID: 37784159.

141. Türkyılmaz M. K., Dereli E., Şahin T. Effects of Shell Thickness, Shell Porosity, Shape Index and Egg Weight Loss on Hatchability in Japanese Quail (*Coturnix coturnix japonica*) // Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi. – 2023. – Vol. 29, No. 3. – P. 279–286. – DOI: 10.9775/kvfd.2022.28904.

142. Ways to solve automation problems in meat poultry farming / B. Efendiev, V. Shuganov, Z. Kantiev, A. Shogenov // BIO Web of Conferences. – 2024. – Vol. 130. – P. 05007. – DOI: 10.1051/bioconf/202413005007.

143. Wilson H. R. Interrelationships of egg size, chick size, posthatching growth and hatchability // World's Poultry Science Journal. – 1991. – Vol. 47, No. 1. – P. 5–20. – DOI: 10.1079/WPS19910002.

144. Yahav S., Hurwitz S. Induction of thermotolerance in male broiler chickens by temperature conditioning at an early age // Poultry Science. – 1996. – Vol. 75, No. 3. – P. 402–406.

145. Yahav S., McMurtry J. P. Thermotolerance acquisition in broiler chickens by temperature conditioning early in life -- the effect of timing and ambient temperature // Poultry Science. – 2001. – Vol. 80, No. 12. – P. 1662–1666.

146. Yahav S., Sasson R., Shinder D. The effect of thermal manipulations during embryogenesis of broiler chicks (*Gallus domesticus*) on hatchability, body weight and thermoregulation after hatch // J. Therm. Biol. – 2004. – Vol. 29. – P. 245–250.

147. Yildirim I., Yetisir R. Effects of breeder age and pre-incubation storage of eggs on hatchability, time of hatch and relative organ weight of quail chicks at hatch // South African Journal of Animal Science. – 2005. – Vol. 35, No. 2. – P. 96–104. – DOI: 10.4314/sajas.v35i2.4051.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Приложение. Акт производственной апробации

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА
имени К.А. Тимирязева



Селионова М.И.

2025 г.

УТВЕРЖДАЮ

Директор производственной площадки
ООО «Тураковский птицеводческий комплекс»



Замуруев Г.И.

2025 г.

АКТ

О результатах производственной проверки

Комиссия в составе от ООО «Тураковский птицеводческий комплекс»: директора производственной площадки Замуруева Г.И., оператора птицефабрик и механизированных ферм 5р. Поляковой В.Е.; от ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева: научного руководителя, доцента кафедры частной зоотехнии Малородова В.В., соискателя кафедры частной зоотехнии Голентовского Д.Н. составили настоящий акт о том, что в декабре 2024 – феврале 2025 года была проведена производственная проверка по теме: «Эффективность выращивания мясных перепелов на глубокой подстилке в зависимости от микроклиматической зональности» на мясных перепелах породы фараон в условиях Тураковского птицеводческого комплекса.

Производственная проверка проводилась в производственном корпусе размерами 58х12х3 м с начальным поголовьем 56100 голов. В птичник были размещены перепелята с плотностью посадки 80,0 голов/м², полученные от одновозрастного родительского стада. Перепелов выращивали на глубокой подстилке с нагрузкой на 1 ниппель – 20 голов, на 1 кормушку – 40 голов. В опыте сформировали 5 групп суточных перепелят по 80 голов в каждой, отобранных методом случайной выборки, в которых выращивали птицу до 70-суточного возраста на всей площади производственного помещения в специально отведённых 5-и участках (каждый площадью 1,1 м²) предположительно отличных по условиям микроклимата в передней и тыльной торцевых частях помещения слева и справа соответственно (6 м от торцевых стен и 2 м от боковых стен) и в центральной части помещения посередине (29 м от торцевых стен и 6 м от боковых стен).

Воздухообмен в производственном помещении со скатной крышей обеспечивали приточно-вытяжной системой вентиляции, работающей по принципу отрицательного давления. Программа работы вентиляционной системы настроена на минимальному воздухообмену. Общая площадь птичника – 700 м². В опыте микроклимат поддерживали и регулировали через контроллер «Овен ИПП 120». Комплект отопления и вентиляции состоял из: 2 газогенераторов Etnaf GP 70 (каждый производительностью 5 тыс м³/ч и дальностью тепловой струи воздуха до 70 м), установленных на высоте 1,6 м от глубокой подстилки. Газогенераторы размещены против часовой стрелки по диагонали друг от друга (один в начале справа, другой – в торце слева); стальных приточных клапанов (13 штук), установленных в правой стене на высоте 2 м и через каждые 3 м друг от друга; в противоположной стене установлены 4

вытяжных вентилятора в торцевой стене (каждый производительностью 56 тыс. м³/ч). Суммарная фактическая производительность вытяжной вентиляции в птичнике 284 тыс. м³/ч. С целью повышения однородности микроклимата в помещении установлены 2 рециркуляционных вентилятора (каждый производительностью 8 тыс. м³/ч) в середине птичника слева и справа соответственно, на высоте 1,6 м от глубокой подстилки. Запуск циркуляционных вентиляторов осуществляли с 2-недельного возраста перепелов с бесперебойной работой и направлением движения воздуха от газогенераторов вдоль наружных стен помещения.

Результаты производственной проверки по выявлению эффективности выращивания мясных перепелов на глубокой подстилке в зависимости от микроклиматической зональности показали, что перепелята, выращиваемые на различных по условиям микроклимата участках производственного помещения имеют различную продуктивность (таблица) и необходима дополнительная настройка системы вентиляции и отопления, что выражено градиентом содержания углекислого газа в воздухе в количестве от 300 до 500 ppm; температуры воздуха – от 1,6 до 5,5°C; относительной влажности воздуха – от 6,1 до 10,3%, а также отличающимся индексом равномерности микроклимата в пределах от 2,5 до 9,3 единиц в зависимости от возраста птицы и места взятия измерений.

Таблица

Результаты производственной проверки

Показатели	Варианты					
	Базовый	1	2	3	4	5
Принято на выращивание, голов	56100	80	80	80	80	80
Сохранность поголовья, %	94,3	95,0	93,7	95,0	92,5	95,0
Поголовье в конце выращивания, голов	52902	76	75	76	74	76
Средняя масса перепелов в конце выращивания, г	320,0	329,5	315,0	330,6	310,3	329,3
Среднесуточный прирост, г	4,4	4,6	4,4	4,6	4,3	4,6
Затраты корма на 1 кг прироста живой массы, кг	6,08	6,11	6,14	6,08	6,12	6,12
Индекс продуктивности перепелов в 70 суток, единиц	71	73	69	74	67	73

Члены комиссии от ООО «Тураковский птицеводческий комплекс»:

Оператор птицефабрик и механизированных ферм 5р. И.Г. Тарасова

Оператор птицефабрик и механизированных ферм 5р. В.Е. Полякова

Мастер

Члены комиссии от ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева:

Профессор кафедры частной зоотехнии

Доцент кафедры частной зоотехнии

Соискатель кафедры частной зоотехнии

А.К. Османян

В.В. Малородов

Д.Н. Голентовский