

Научная статья

УДК 636.5.082.474.1:628.8-52

DOI 10.48012/1817-5457_2026_1_181-188

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ В ИНКУБАЦИОННОЙ КАМЕРЕ

Широбокова Татьяна Александровна[✉], Александров Иван Александрович,
Поспелова Ирина Геннадиевна, Шувалова Людмила Анатольевна,
Колегова Ангелина Игоревна

Удмуртский ГАУ, Ижевск, Россия
9048336842@mail.ru

Аннотация. В условиях геополитической нестабильности и санкций Россия стремится максимально снизить зависимость от импорта инкубационного яйца. Вопросы по разработке и усовершенствованию новых современных инкубаторов, их режимов работы, которые позволяют управлять процессами инкубации для повышения выводимости яйца, являются актуальными задачами. Поэтому целью работы является модернизация схемы управления микроклиматом в инкубационной камере, разработка алгоритма и программы микроконтроллера для автоматического управления параметрами с учетом периода инкубации. Для выполнения цели была модернизирована схема управления микроконтроллера. Разработаны алгоритм и программа регулирования параметров микроклимата инкубационной камеры с учетом периода инкубации в среде программирования C++. Достоинство системы заключается в способности регулировать и поддерживать параметры микроклимата в инкубационной камере в зависимости от роста и развития эмбриона. Исследования ряда авторов показали, что существует прямое и косвенное влияние состава воздуха (углекислоты и кислорода) на эмбриональное развитие. Прямое влияние воздух оказывает на рост, вылупляемость и патологии развития эмбриона. Предложенный алгоритм позволил разработать программу управления инкубационной установкой. Программа предоставляет пользователю интерфейс для настройки параметров инкубации через LCD-дисплей и кнопку. Разработанная программа управления позволяет регулировать и поддерживать микроклимат в инкубационной установке, а именно температуру воздуха и поверхности яйца не более +38,3 °C с точностью ±0,1 C, влажность и концентрацию углекислого газа на уровне 2500 ppm с точностью ±50 ppm в зависимости от роста и развития эмбриона в яйце.

Ключевые слова: инкубатор, программа управления, алгоритм работы программы, микроклимат, инкубация яиц.

Для цитирования: Разработка системы автоматического управления микроклиматом в инкубационной камере / И. А. Александров, Т. А. Широбокова, И. Г. Поспелова [и др.] // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2026. № 1(85). С. 181-188. https://doi.org/10.48012/1817-5457_2026_1_181-188.

Введение. Птицеводство является перспективной и динамичной отраслью в сельском хозяйстве Российской Федерации. В России удельный вес продукции птицеводства в общем объеме производства животного белка составляет 42 % (мясо – 27,7 %, яйцо – 14,3 %) [8]. Развитие собственного инкубационного производства является ключевым фактором для повышения продовольственной безопасности страны. Одним из приоритетных направлений является разработка инновационных режимов инкубации, усовершенствование и разработка новых инкубаторов, которые дают возможность управлять процессами инкубации для повышения выводимости [15, 18]. По мнению Н. Willemsen, M. Debonne, 2010; R. Molenaar, A. M. Reijrink, R. Mejerhof (2008), наиболее важными процессами

для инкубации являются получение яиц, хранение, применение режимов инкубации, которые влияют не только на вывод, но и на качество суточного молодняка [10, 17]. Искусственная инкубация проводится в инкубаторах – специальных устройствах, моделирующих необходимые для развития зародыша условия температуры, влажности, газового состава воздуха.

Температура является одним из важных факторов режима инкубации. Зарождение и рост эмбрионов птиц начинаются при температуре окружающей среды от 27 до 43 °C. Для успешного протекания инкубации яйца рекомендуется поддерживать температуру в пределах 37-38 °C. Если температура опускается ниже указанных значений, процесс роста эмбрионов замедляется, продолжительность инкубации возрастает,

а качество полученного потомства ухудшается. Высокая же температура вызывает усиленный рост и развитие эмбрионов в начале инкубации и повышает отход их в конце. Птенцы выводятся раньше нормального срока, и чаще всего они мелкие, щуплые и слабые [5]. Относительная влажность также влияет на развитие эмбриона, особенно на обогрев яиц и испарение ими влаги. Низкая влажность неблагоприятна, особенно в начале инкубации. Очень высокая влажность тоже неблагоприятно сказывается на развитии зародыша. Она приводит к тому, что к концу инкубации в оболочках зародыша остается много влаги, что мешает проклеву и часто вызывает гибель зародыша. Также избыточная влажность способствует развитию в инкубаторе и на скорлупе яиц бактерий и плесневых грибов [13].

Систематическое изучение влияния состава воздуха в инкубаторе на развитие куриных эмбрионов провели А. Л. Романов и А. И. Романова [11]. Авторы показали, что существует прямое и косвенное влияние состава воздуха (углекислоты и кислорода) на эмбриональное развитие. Прямое влияние сказывалось на росте, выщипляемости и патологиях развития эмбриона. Рост эмбрионов в течение первых нескольких дней стимулируется наличием среднего количества углекислого газа (0,4 – 1,0 %). Повышенное содержание углекислого газа (10 %) и, соответственно, пониженное количество кислорода замедляли рост пропорционально содержанию углекислого газа [11].

В период инкубации микроклимат в инкубационной камере должен поддерживаться, согласно таблице 1 [2].

Таблица 1 – Параметры микроклимата в разные сроки инкубации

Период развития, сут.	Температура, °С	Влажность, %	Концентрация углекислого газа, ppm	Концентрация углекислого газа, %
0-2	38,0	66,0	2500	0,25
3-10	37,8	52,5		
11-16	37,5	47,0		
17-19	37,2	47,0		
20-21	36,9-37,0	67,5		

Влажность, температура и уровень углекислого газа при инкубации яиц являются основными параметрами. Согласно данным табли-

цы 1, температура и относительная влажность в период инкубации варьирует. Изменение температуры воздуха составляет в пределах не более 1 °С, колебания влажности – в среднем в пределах 10 %. Снижение влажности воздуха во второй период инкубации связан с тем, что по мере развития эмбриона больше выделяется тепла и влаги. Согласно исследованиям [3, 4], контроль данных параметров недостаточен, необходимо контролировать уровень углекислого газа в инкубационной камере и поддерживать уровень в допустимых пределах, а также температуру на поверхности яйца. По мере развития эмбриона интенсивность его метаболизма неуклонно растет, что сопровождается увеличением потребления кислорода и закономерным накоплением углекислого газа в инкубационной камере. Рост эмбриона в инкубаторе способствует возрастанию углекислого газа, повышенное значение CO₂ и температуры приводит к замедлению эмбрионов.

В настоящее время промышленностью широко представлены различные инкубаторы, большинство из них реализует управление по косвенным параметрам (температура и влажность воздушной среды) [6, 7, 9]. Основными функциями данных инкубаторов являются автоматическое поддержание требуемой температуры в диапазоне от 35,0 до 40,0°С с точностью ± 0,2°С; автоматическое поддержание требуемой влажности в диапазоне от 30,0 до 85,0 % с точностью ± 3%, форсунка осуществляет впрыск воды; автоматический поворот лотков с возможностью изменения интервала времени между переворотами с интервалом 2 часа ±10 минут; функция корректировки пользователем показаний температуры и влажности по эталонным приборам – поправка.

Таким образом, несмотря на разнообразие предложений на рынке инкубаторов, существует потребность в модернизации моделей инкубаторов, оснащенных современными системами мониторинга углекислого газа и точной регулировки температуры, что обеспечит благоприятный процесс инкубации и повысит эффективность сельскохозяйственного производства.

Целью работы является модернизация схемы управления микроклиматом в инкубационной камере, разработка алгоритма и программы микроконтроллера для автоматического управления параметрами с учетом периода инкубации.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

– разработать алгоритм и программу работы системы управления микроклиматом в инкубационной камере;

– разработать схему управления микроконтроллером с учетом периода инкубации.

Материал и методы исследования. Система автоматизации была разработана на базе программного и аппаратного комплекса, включающего в себя платы с установленными микроконтроллерами. По заданным алгоритмам с помощью контроллеров осуществили сбор с подключенных устройств и датчиков информации, ее анализ и обработку с дальнейшей передачей данных на другие электронные устройства (дополнительные модули). Программа, разработанная в среде C++, предназначена для автоматизированного управления инкубатором на базе платформы Arduino.

Программа управления системой инкубатора должна соответствовать следующим основным требованиям: индикация фактической температуры в камере, °C; индикация влажности, %; индикация концентрации углекислого газа; индикация периода инкубации, день; автоматический поворот инкубационных яиц; автоматическая поддержка заданной температуры; автоматическое поддержание влажности; автоматический контроль концентрации углекислого газа; автоматическое переключение режимов инкубации и механизма поворота яиц. Достоинство системы заключается в способности регулировать и поддерживать параметры микроклимата в инкубационной камере в соответствии с ростом и развитием эмбриона (табл. 1).

На рисунке 1 представлен алгоритм работы программы управления и регулирования микроклиматом в инкубационной камере.

В программу заложено:

1) Контроль параметров среды: программа непрерывно измеряет температуру на поверхности яйца, уровень концентрации углекислого газа и влажность внутри инкубатора с помощью подключенных датчиков.

2) Управление устройствами: на основе измеренных значений и заданных параметров программа управляет нагревателем, вытяжными вентиляторами CO₂ и увлажнителем, поддерживая заданные условия, соответствующие периоду инкубации.

3) Поворот лотков: периодически лотки с яйцами переворачиваются, чтобы обеспечить равномерное развитие эмбрионов.

4) Отслеживание времени инкубации: программа отслеживает время инкубации для каж-

дого лотка и выдает оповещение, когда время инкубации истекает.

5) Пользовательский интерфейс: программа предоставляет пользователю интерфейс на LCD-дисплее для настройки параметров инкубации, выбора сохраненных режимов и просмотра текущих значений.

6) Сохранение режимов: программа позволяет сохранять настроенные режимы инкубации в энергонезависимой памяти EEPROM для последующего использования.

Результаты и обсуждение. Разработанный алгоритм позволил разработать программу управления инкубационной установкой. Программа также предоставляет пользователю интерфейс для настройки параметров инкубации через LCD-дисплей и кнопку.

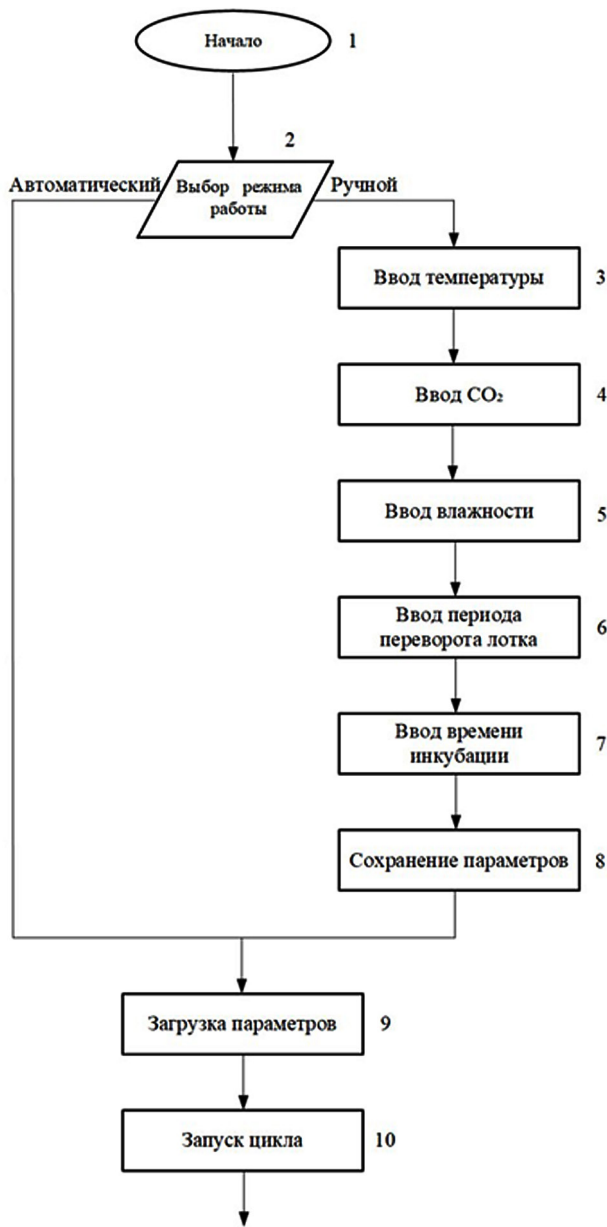


Рисунок 1 – Алгоритм работы программы (начало)

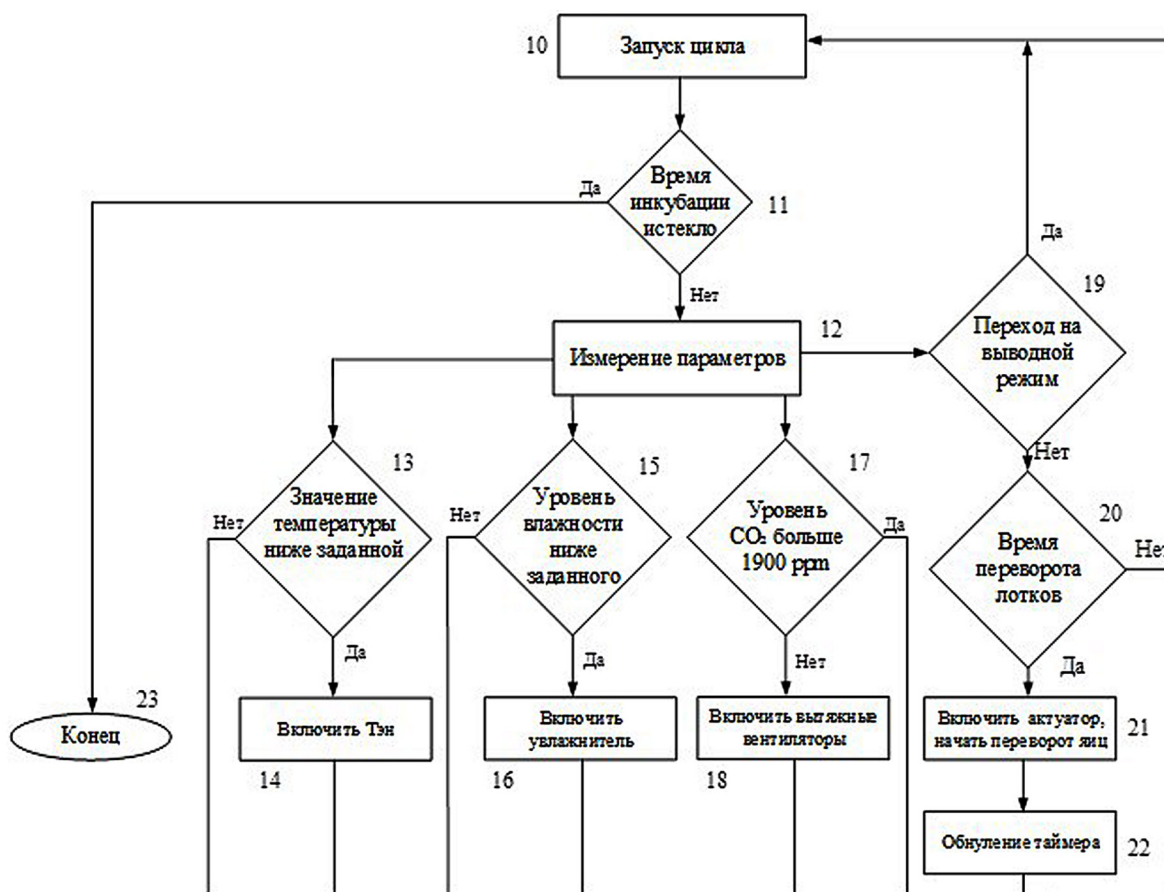


Рисунок 1 – Алгоритм работы программы (окончание)

Работа программы определяется следующим алгоритмом:

1. Выбор режима: пользователь может выбрать один из двух режимов:

- Новый режим. В этом режиме пользователь вручную настраивает все параметры инкубации.

- Существующий режим. В этом режиме пользователь выбирает один из ранее сохраненных наборов параметров.

2. Пользователь задает значение температуры, поддерживаемой в инкубационной камере (измеряется температура яйца), показатель углекислого газа, при превышении которого включаются вентиляторы для обновления воздуха, значение поддерживаемой влажности, интервал времени между поворотами лотков, вводится время инкубации, сохранение заданных параметров и их загрузка.

Для работы программы разработана электрическая принципиальная схема управления инкубатором на основе многофункционального микроконтроллера ХМ-18 с внедрением в схему контроллера концентрации углекислого газа и контроля температуры поверхности яйца для исключения перегрева эмбриона (рис. 2).

Перечень элементов электрической схемы представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень элементов электрической схемы инкубатора

Обозначение элемента	Оборудование	Кол-во
ХМ-18	Контроллер ХМ-18	1 шт.
Актуатор	Линейный привод 100 мм, 12 В 1000N 5 мм/с	1 шт.
В1	Вентилятор FP-108EX-S1-B 220 В	1 шт.
В2, В3	Вентилятор, 12 В, 0,20 А, 80 мм	2 шт.
Н1	Гидравлический насос SWP0110, 12 В, 2,5 бар	1 шт.
Кн. Выкл. Кн. Пер	Выключатель на два фиксированных положения	2 шт.
ТЭН1 ТЭН2	Нагревательный провод из углеродного волокна 33 Ом/м	20 м
БП	Блок питания 220 В/12 В, 20 А	1 шт.
Р1, Р2, Р3, Р4	Реле LY2NJ HN62P AC 220 В	4 шт.
Р5	Реле РИУ-01М	1 шт.
Дат. CO ₂	Датчик углекислого газа МН-Z19В	1 шт.
Р6	Контроллер W3230	1 шт.

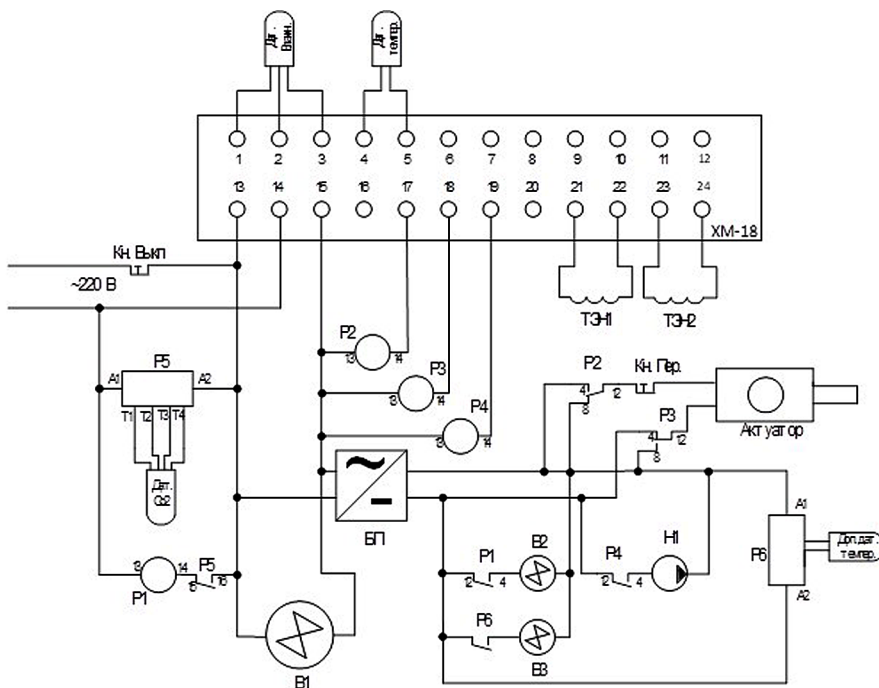


Рисунок 2 –
Электрическая
принципиальная
схема

Погрешность датчиков контроллера XM-18: температуры $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$; влажности $\pm 0,5\%$ [16]. Калибровка производилась психрометрическим гигрометром ВИТ-2. Микроконтроллер XM-18 зарекомендовал себя как стабильное и надежное устройство, идеально подходящее для выведения различных пород птиц. Он может быть использован как в малых бытовых, так и в крупных промышленных устройствах. Все необходимые процессы и функции в нем автоматизированы, для управления процессом легко задать нужный режим, и процесс инкубации будет поддерживаться автоматически [16].

Электропитание схемы осуществляется переменным током напряжением 220 В. Напряжение подается на выводы контроллера XM-18 13 и 14. Для питания актуатора, вытяжных вентиляторов и гидравлического насоса, работающих от постоянного напряжения 12 В, их электропитание осуществляется блоком питания (БП).

Выводы контроллера 1-3 служат для подключения датчика влажности, а 4-5 – для подключения датчика температуры. Вентилятор В1 осуществляет равномерное перемешивание воздуха в инкубационной камере, обдувая нагревательные элементы ТЭН1 и ТЭН2. Кнопка «Кн. Выкл.» предназначена для отключения питания схемы. Кнопка «Кн. Пер.» размыкает цепь автоповорота яиц. Выводы 17 и 18 управляют линейным приводом (актуатор), осуществляющим переворот яиц. По заданным временным интервалам поочередно подается напряжение с выводов 17 или 18. При возбуждении обмоток реле Р2 или Р3 их контактные

тройки переключают полярность подключения линейного привода, изменяя направление движения штока актуатора. Вывод 19 осуществляет управление гидравлическим насосом через промежуточное реле Р4, предназначенным для поддержания заданной влажности в инкубационной камере, подавая воду на форсунку. Цепь включения насоса коммутирует контакты 12-4 реле Р4. Датчик углекислого газа МН-Z19В подключен к реле Р5(РИУ-01М). Погрешность датчика концентрации углекислого газа МН-Z19В составляет $\pm 50 \text{ ppm} + 3\%$ [1].

Во время практических испытаний установлен гистерезис температуры $0,1^{\circ}\text{C}$, влажности 5% . Реле Р1 используется в качестве промежуточного реле. Датчик CO_2 , измеряя уровень выделяемого углекислого газа, передает информацию на реле Р5. Р5, сравнивая данные датчика с заданным показанием, принимает решение о включении вентиляции при превышении уровня CO_2 в инкубационной камере (не более 2500 ppm) и выключении при достижении нормального уровня концентрации газа.

Для контроля температуры на поверхности яйца применяется контроллер (на схеме Р6) W3230, осуществляющий управление включением вентилятора В3. Погрешность измерения датчика температуры контроллера W3230 $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ [14]. В случае превышения заданного параметра включается вентилятор В3 для понижения температуры в инкубационной камере. Температура яйца более $38,3^{\circ}\text{C}$ несет негативное влияние на развитие эмбриона [5].

Заключение. Разработана программа управления и алгоритм, реализованный на языке программирования С++ [12]. Программа позволит регулировать и поддерживать микроклимат в инкубационной установке, а именно температуру воздуха и поверхности яйца не более +38,3 °С с точностью ±0,1 С, влажность и концентрацию углекислого газа 2500 ppm с точностью ±50 ppm в зависимости от роста и развития эмбриона в яйце.

Список источников

1. Ампермаркет. URL <https://ampermarket.kz/sensors/gas/co2-mh-z19b/?ysclid=mmnx2196h0681018458> (дата обращения: 15.12.2025 г.).
2. Ветеринарно-санитарные правила для птицеводческих хозяйств (ферм) и требования при их проектировании (утв. Минсельхозом СССР 22.09.1981). URL: https://guv.tatarstan.ru/file/pub/pub_852773.pdf (дата обращения 15.12.2025 г.).
3. Дудин В., Микулец Ю., Егоров И. Причины смертности куриных эмбрионов // Птицеводство. № 3. 2011. С. 4-5.
4. Дыхательная активность куриного эмбриона при высоких уровнях углекислого газа / И. П. Салева [и др.] // Птицеводство. 2021. № 5. С. 37-41. DOI 10.33845/0033-3239-2021-70-5-37-41. EDN DTPPRL.
5. Жучкова Н. А. Влияние температуры инкубации яиц на эмбриогенез потомков кур разного возраста // Вестник ОрелГАУ. №1 (64). 2017. С. 81-85. EDN YKORMH.
6. Инкубаторы «Норма». URL: <https://inkubators.ru/norma/> (дата обращения: 17.12.2024).
7. Моисеев А. П., Волгин А. В., Четвериков Е. А. Система управления приводом поворота яиц в бытовых инкубаторах // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2022. № 6(212). С. 108-114. DOI 10.53083/1996-4277-2022-212-6-108-114. EDN PUBNAN.
8. Мясное птицеводство в регионах России: современное состояние и перспективы инновационного развития / В. И. Фисинин [и др.] // Аграрная наука. 2018. № 2. С. 30-38. EDN NRYWXZ.
9. Научно-производственное предприятие «РЭМИЛ». URL: [https://remil.su/catalog/index/?item\[item_id_parent\]=42](https://remil.su/catalog/index/?item[item_id_parent]=42) (дата обращения: 17.12.2024).
10. Постригань С. А., Маковой Л. П. Инновационные технологии в инкубации // Птицеводство. 2018. № 2. С. 41-47. EDN YQUEIE.
11. Романов А. Л., Романова А. И. Птичье яйцо / Пер. с англ. канд. биол. наук Е. В. Соколовой. Москва: Пищепромиздат, 1959. 620 с.
12. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025661668 Российская Федерация. Программа регулирования микроклимата в инкубационной камере: заявл. 22.04.2025; опубл. 12.05.2025 / И. А. Александров, Т. А. Широ-

кова, И. Г. Поспелова [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО Удмуртский ГАУ. EDN HNGANQ.

13. Семенченко С. В., Нефедова В. Н., Рябихин С. С. Повышение результативности инкубации и жизнеспособности молодняка сельскохозяйственной птицы // Инновации в науке. 2014. № 33. С. 66-73. EDN SEFYWV.
14. Термомат. Тепловые системы [Электронный ресурс]: <https://termomat.ru/termoregulatory/w3230.php?ysclid=mmnvqdx6f782046411> (дата обращения: 15.12.2025 г.).
15. Фисинин В. И. Нарращиваем производство мяса и яйца // Животноводство России. 2023. № 1. С. 12-14. EDN IUXECR.
16. Что такое контроллер для инкубатора. URL <https://linkubator.ru/obshhaya/kontroller-dlya-inkubatora.html> (дата обращения 15.12.2025 г.).
17. Шкуро О. А. Инновационный режим инкубации яиц кур мясных кроссов: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Краснодар, 2024. 120 с.
18. Щербатов В. И., Смирнова Л. И., Щербатов О. В. Инкубация яиц сельскохозяйственной птицы: моногр. Краснодар: КубГАУ, 2015. 184 с. EDN ZDASGT.

References

1. Ampermarket. URL <https://ampermarket.kz/sensors/gas/co2-mh-z19b/?ysclid=mmnx2196h0681018458> (data obrashheniya: 15.12.2025 g.).
2. Veterinarno-sanitarny'e pravila dlya pticevodcheskix hozyajstv (ferm) i trebovaniya pri ix proektirovani (utv. Minsel'hozom SSSR 22.09.1981). URL: https://guv.tatarstan.ru/file/pub/pub_852773.pdf (data obrashheniya 15.12.2025 g.).
3. Dudin V., Mikulecz Yu., Egorov I. Prichiny` smertnosti kuriny`x e`mbrionov // Pticevodstvo. № 3. 2011. S. 4-5.
4. Dy`xatel`naya aktivnost` kurinogo e`mbriona pri vy`sokix urovnayah uglekislogo gaza / I. P. Saleeva [i dr.] // Pticevodstvo. 2021. № 5. S. 37-41. DOI 10.33845/0033-3239-2021-70-5-37-41. EDN DTPPRL.
5. Zhuchkova N. A. Vliyanie temperatury` inkubacii yaicz na e`mbriogenez potomkov kur raznogo vozrasta // Vestnik OreIGA. №1 (64). 2017. S. 81-85. EDN YKORMH.
6. Inkubatory` «Norma». URL: <https://inkubators.ru/norma/> (data obrashheniya: 17.12.2024).
7. Moiseev A. P., Volgin A. V., Chetverikov E. A. Sistema upravleniya privodom povorota yaicz v by`tovy`x inkubatorax // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2022. № 6(212). S. 108-114. DOI 10.53083/1996-4277-2022-212-6-108-114. EDN PUBNAN.
8. Myasnoe pticevodstvo v regionax Rossii: sovremennoe sostoyanie i perspektivy` innovacionnogo razvitiya / V. I. Fisinin [i dr.] // Agrarnaya nauka. 2018. № 2. S. 30-38. EDN NRYWXZ.

9. Nauchno-proizvodstvennoe predpriyatie «RE`MIL». URL: [https://remil.su/catalog/index/?item\[item_id_parent\]=42](https://remil.su/catalog/index/?item[item_id_parent]=42) (data obrashheniya: 17.12.2024).
10. Postrigan` S. A., Makovej L. P. Innovacionny`e tehnologii v inkubacii // Pticevodstvo. 2018. № 2. S. 41-47. EDN YQUEIE.
11. Romanov A. L., Romanova A. I. Ptich`e yajczo / Per. s angl. kand. biol. nauk E. V. Sokolovoj. Moskva: Pishhepromizdat, 1959. 620 s.
12. Svidetel`stvo o gosudarstvennoj registracii programy` dlya E`VM № 2025661668 Rossijskaya Federaciya. Programma regulirovaniya mikroklimatom v inkubacionnoj kamere: zayavl. 22.04.2025 : opubl. 12.05.2025 / I. A. Aleksandrov, T. A. Shirobokova, I. G. Pospelova [i dr.] ; zayavitel` FGBOU VO Udmurtskij GAU. EDN HNGANQ.
13. Semenchenko S. V., Nefedova V. N., Ryabixin S. S. Povy`shenie rezul`tativnosti inkubacii i zhiznesposobnosti molodnyaka sel`skoxozyajstvennoj pticy // Innovacii v nauke. 2014. № 33. S. 66-73. EDN SEFYWV.
14. Termomat. Teplovy`e sistemy` [E`lektronny`j resurs]. URL: <https://termomat.ru/termoregulyatory/w3230.php?ysclid=mmnvqdx6f782046411> (data obrashheniya: 15.12.2025 g.).
15. Fisinin V. I. Narashhivaem proizvodstvo myasa i yajcza // Zhivotnovodstvo Rossii. 2023. № 1. S. 12-14. EDN IUXECR.
16. Chto takoe kontroller dlya inkubatora. URL <https://1inkubator.ru/obshhaya/kontroller-dlya-inkubatora.html> (data obrashheniya 15.12.2025 g.).
17. Shkuro O. A. Innovacionny`j rezhim inkubacii yaicz kur myasny`x krossov: avtoref. dis. ... kand. s.-x. nauk. Krasnodar, 2024. 120 s.
18. Shherbatov V. I., Smirnova L. I., Shherbatov O. V. Inkubaciya yaicz sel`skoxozyajstvennoj pticy: monogr. Krasnodar: KubGAU, 2015. 184 s. EDN ZDASGT.

Сведения об авторах:

Т. А. Широбокова[✉], доктор технических наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0003-4421-576X>;
И. А. Александров, инженер;
И. Г. Пospelova, кандидат технических наук, доцент, <https://orcid.org/0009-0003-6458-9774>;
Л. А. Шувалова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0002-2570-371X>;
А. Г. Колегова, инженер
 Удмуртский ГАУ, 426069, Россия, Ижевск, ул. Студенческая, 11
 9048336842@mail.ru

Original article

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATIC MICROCLIMATE CONTROL SYSTEM IN AN INCUBATION CHAMBER

Tatiana A. Shirobokova[✉], **Ivan A. Alexandrov**, **Irina G. Pospelova**, **Lyudmila A. Shuvalova**,
Angelina I. Kolegova

Udmurt State Agricultural University, Izhevsk, Russia
 9048336842@mail.ru

Abstract. *In the context of geopolitical instability and sanctions, Russia is striving to minimize its dependence on imported hatching eggs. The development and improvement of new modern incubators and their operating modes, which allow for the management of incubation processes in order to increase capacity of egg hatching, are urgent tasks. Therefore, the research purpose is to modernize the microclimate control scheme in the incubation chamber, to develop an algorithm and a microcontroller program for automatic control of parameters, taking into account the incubation period. To achieve the goal of the work, the microcontroller control scheme was modernized. An algorithm and a program for regulating the microclimate parameters of the incubation chamber, taking into account the incubation period, were developed in the C++ programming environment. The advantage of the system is its ability to regulate and maintain the microclimate parameters in the incubation chamber, depending on the growth and development of the embryo. According to the studies of some researchers, the air composition, specifically carbon dioxide and oxygen levels, directly and indirectly influences embryonic development. The direct impact is made on the growth, hatchability, and embryonic development pathologies. The proposed algorithm enabled the development of a control program for the incubation unit. The program provides the user with an interface for setting incubation parameters through an LCD display and a button. The advanced control program provides an opportunity to regulate and maintain the microclimate in the incubation unit, namely it maintains the air and egg surface temperature at no more than +38.3°C with an accuracy of ±0.1°C, it also controls humidity and carbon dioxide levels at 2500 ppm, with an accuracy of ±50 ppm, depending on the embryo's growth and development.*

Key words: incubator, control program, program operation algorithm, microclimate, egg incubation.

For citation: *Shirobokova T. A., Alexandrov I. A., Pospelova I. G., Shuvalova L. A., Kolegova A. I. Development of an automatic microclimate control system in an incubation chamber. The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy. 2026; 1 (85): 181-188. (In Russ.). https://doi.org/10.48012/1817-5457_2026_1_181-188.*

Authors:

T. A. Shirobokova✉, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0003-4421-576X>;

I. A. Alexandrov, Engineer;

I. G. Pospelova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0009-0003-6458-9774>;

L. A. Shuvalova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0002-2570-371X>;

A. I. Kolegova, Engineer

Udmurt State Agricultural University, 11 Studencheskaya St., Izhevsk, Russia, 426069

9048336842@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: the authors declare that they have no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 15.12.2025; одобрена после рецензирования 03.03.2026;

принята к публикации 03.03.2026.

The article was submitted 15.12.2025; approved after reviewing 03.03.2026; accepted for publication 03.03.2026.