

УДК 62-932.2

UDC 62-932.2

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
КАЧЕСТВА УПРАВЛЕНИЯ
ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ
ПРОЦЕССОМ ОЗОНИРОВАНИЯ
ЯЙЦЕСКЛАДОВ ПТИЦЕФАБРИК****INVESTIGATION OF INDEXES OF QUALITY
MANAGEMENT OF ELECTRIC-
TECHNOLOGICAL PROCESS OF
OZONATION OF POULTRY FACTORIES
EGG-STOREHOUSES**

Волошин Александр Петрович
старший преподаватель
*Кубанский государственный аграрный универси-
тет, Краснодар, Россия*

Voloshin Alexander Petrovich
senior lecturer
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

Озонирование инкубационных яиц при хранении на яйцескладе хорошо вписывается в технологический процесс производства и сортировки яиц. Озон действует абсолютно на все известные вирусы и микробы. Из обработанных озоном яиц выводятся более крупные цыплята, развитие зародышей идет интенсивнее, повышается сохранность цыплят. Однако данная технология не получила широкого распространения в отрасли птицеводства из-за неравномерной концентрации по объему обрабатываемого помещения. В результате математического моделирования была разработана система управления электротехнологическим процессом озонирования яйцескладов птицефабрик, показатели качества работы которой оценивались в системе автоматизированного проектирования логико-динамических систем SimInTech. Обобщенный интегральный средне-квадратичный показатель ($J = 9,7\%$) снизился на 19,3 % по сравнению с вариантом без регулирования ($J = 29\%$), что свидетельствует о достаточном качественном регулировании распределением концентрации озона в яйцескладе, и удовлетворяет предъявленному допустимому значению данного показателя (не более 15%). На основании произведенных исследований построена номограмма, определяющая напряжение разрядного устройства и подачу вентилятора электроозонатора в зависимости от количества обрабатываемых яиц. В соответствии с техническими решениями, разработана принципиальная электрическая схема системой электрооборудования электротехнологического процесса озонирования яйцескладов птицефабрик на базе микроконтроллера ATmega8

Ozonization of incubation eggs when storing at an egg-storehouse is well included in technological process of production and egg sorting. Ozone influences absolutely all known viruses and microbes. Larger chickens are hatched from ozone-treated eggs, safety of chickens is increased. However, the present technology did not obtain the wide spreading in the sphere of poultry farming because of uneven concentration due to the volume of treated premises. In the result of mathematical modeling there was worked out the system of management with electrical and technological process of ozonization of egg-storehouses of poultry factories, indexes of quality the work of which was assessed in the system of automated projecting of logical-dynamic systems SimInTech. The summarized integral mean-square index ($J = 9,7\%$) decreased on 19,3 % in comparison with the variant without regulation ($J = 29\%$), that testifies on enough qualitative regulation of distribution of ozone concentration in an egg-storehouse and satisfies the shown acceptable value of the present index (no more 15%). On the basis of produced researches there was created the nomogram determining the tension of charging facility and discharge of a ventilator of electric ozonator in dependence on treated egg amount. In accordance with technical solutions there was worked out the principal electric circuit with system of electric equipment of electric technological process of ozonization of egg-storehouses of poultry factories on the basis of microcontroller ATmega8

Ключевые слова: ОЗОНАТОР, КАЧЕСТВО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОЗОНА ПО ПОМЕЩЕНИЮ ЯЙЦЕСКЛАДА, НОМОГРАММА, ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ, КОНЦЕНТРАЦИЯ ОЗОНА

Keywords: OZONATOR, AMOUNT OF OZONE DISTRIBUTION THROUGH PREMISES OF AN EGG-STOREHOUSE, INDEXES OF MANAGEMENT SYSTEM QUALITY, OZONE CONCENTRATION

Doi: 10.21515/1990-4665-125-029

Санитарная обработка яиц – необходимая мера борьбы с бактериями, грибками и другими микроорганизмами. Озон действует абсолютно на все известные вирусы и микробы, он воздействует на продукты метаболизма бактерий, в результате чего и происходит детоксикация. Из обработанных озоном яиц выводятся более крупные цыплята, развитие зародышей идет интенсивнее, повышается сохранность цыплят. Однако данная технология не получила широкого распространения в отрасли птицеводства из-за неравномерной концентрации по объему обрабатываемого помещения. При обработке яиц не учитывалась концентрация озона в самой дальней точке обрабатываемого помещения, которая в ряде условий многократно ниже заданных параметров, что в свою очередь приводило к некачественной обработке инкубационных яиц озоном, т.е. получался нестабильный эффект от озонирования. Следовательно, равномерное распределение озона по объему помещения яйцесклада является актуальной задачей, имеющей существенное значение для качества обработки инкубационных яиц.

Получена математическая модель распространения озона по помещению яйцесклада, учитывающая разложение озона на поверхности яиц и стен яйцесклада, а также обосновывающая требуемое управляющее воздействие при различных исходных данных, таких как: требуемая концентрация озона в яйцескладе, количество яиц, геометрические размеры яйцесклада, подача вентилятора, параметры конструкции разрядного устройства, расположение электроозонатора в помещении яйцесклада.

$$\begin{cases} C_{O_3X} = V \sqrt{\frac{q}{4\pi Dt}} \cdot e^{-\frac{x^2}{Dt}} - \frac{m_{O_3Я} + m_{O_3СТ}}{V} \\ C_{O_3} = \frac{100 \cdot q}{\left(L_6 + \frac{DS_{ПП}}{L_{ПП}} \right)} + ae^{-\left(\frac{L_{ВЕНТ}}{V} + \frac{DS_{ПП}}{VL_{ПП}} \right)t} - \frac{m_{O_3Я} + m_{O_3СТ}}{V}, \end{cases} \quad (1)$$

где, C – объемная концентрация озона, %; q – расход озона, м³/ч; $L_{ВЕНТ}$ – вентиляционный расход, м³/ч; D – коэффициент диффузии озона м²/ч; $S_{ПП}$ –

площадь открытого проема (двери и т.д.), m^2 ; $L_{ПП}$ – характерное расстояние от электроозонатора до открытого проема, м; V – объем помещения, m^3 ; $m_{O_3Я}$ – масса озона, поглощенная яйцом, мг; $m_{O_3СТ}$ – масса озона, поглощенная стенами, мг; x – координата, м; t – время, ч.

Наиболее значимым итогом математического моделирования является получение необходимых показателей качества процесса электроозонирования яиц в яйцескладе.

Произведено моделирование регулирования распределения концентрации озона в яйцескладе с размерами $10 \times 5 \times 3$ м, количество яиц $N = 35000$. Управляющее воздействие (напряжение на разрядном устройстве) на объект управления (яйцесклад) представлено на рисунке 1.

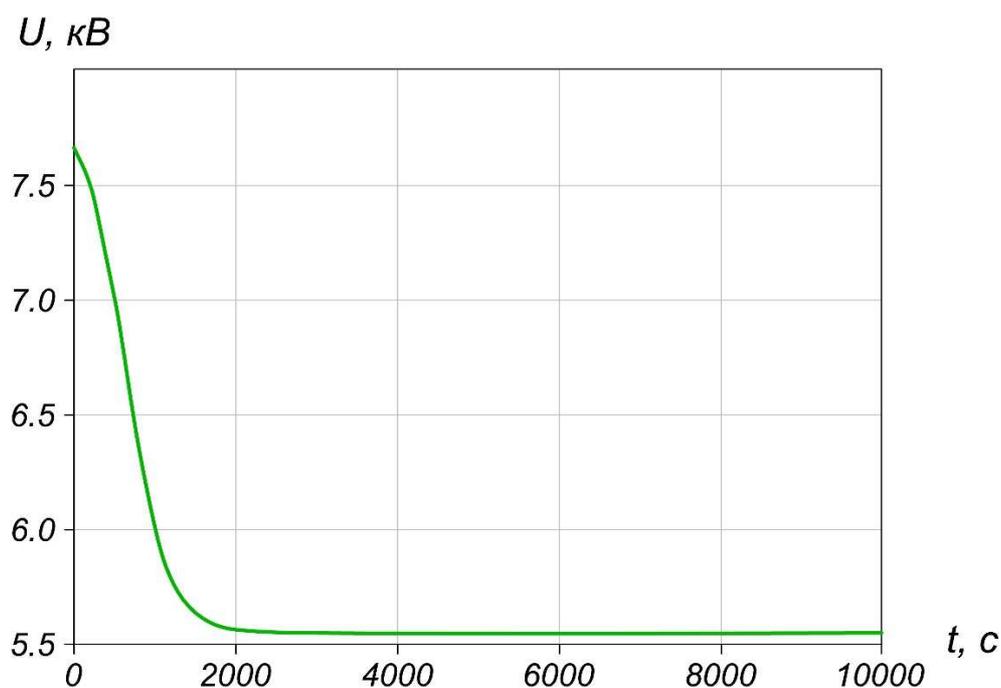


Рисунок 1 – График изменения напряжения на разрядном устройстве электроозонатора при электротехнологическом процессе озонирования яйцескладов птицефабрик.

Для поддержания концентрации озона на выходе из электроозонатора равной 20 мг/м^3 напряжение на разрядном устройстве падало с 7,6 кВ до

5,5 кВ (рис. 1). Для равномерного распределения концентрации озона подача вентилятора выросла с 0,0017 до 0,002 м³/с.

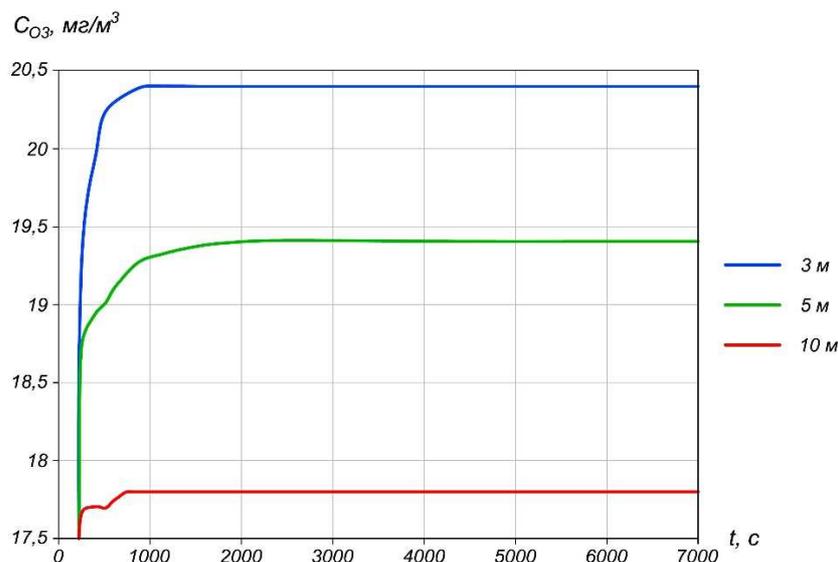


Рисунок 2 – Графики изменения концентрации озона во времени в зависимости от удаления от электроозонатора: 3 м; 5 м; 10 м.

Как видно из представленных графиков регулирования концентрации озона в помещении яйцесклада (рис. 2) регулируемая величина падает в зависимости от удаления яиц от электроозонатора.

В этой ситуации необходимо либо увеличивать мощность разрядного устройства электроозонатора, а также подачу его вентилятора, либо определить достаточное для разработанной модели расстояние от электроозонатора до второго датчика концентрации озона, при котором она будет стабильно работать в заданном режиме (концентрация озона 20 мг/м³).

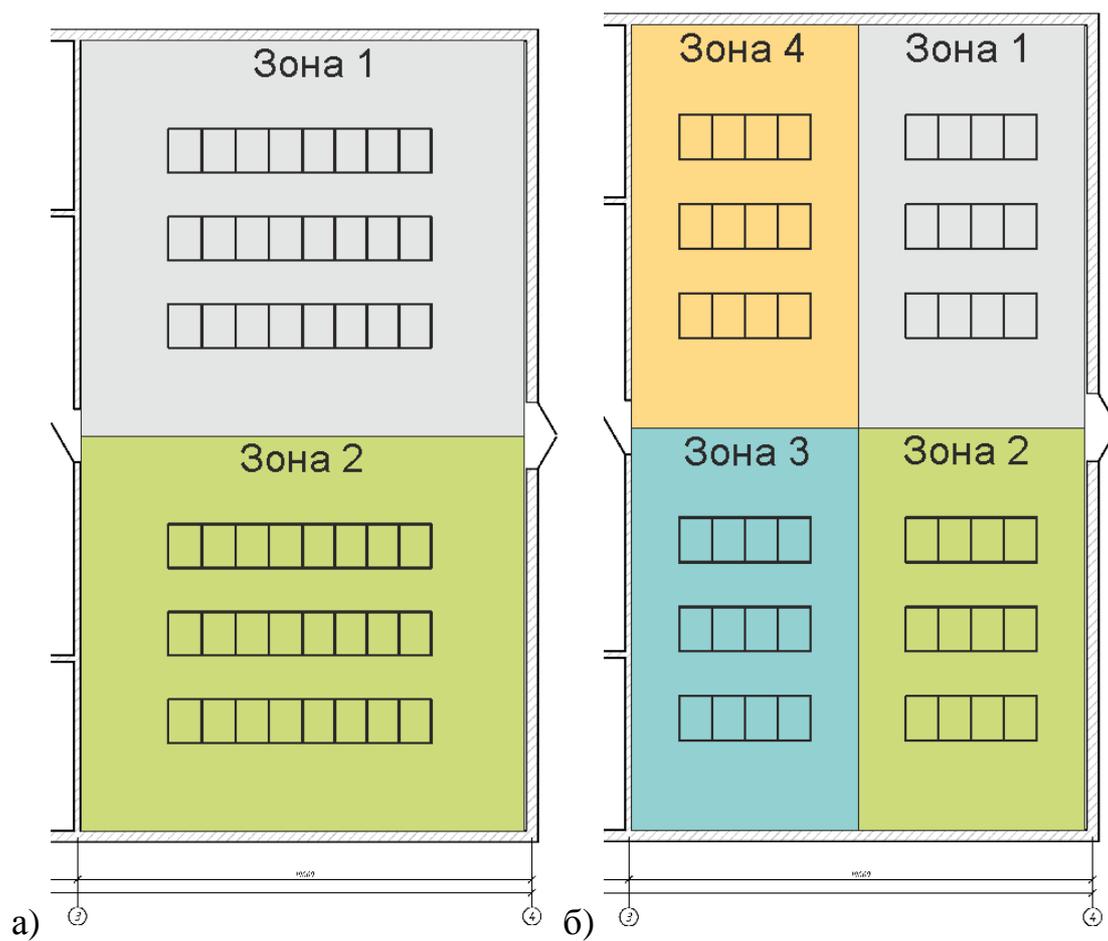


Рисунок 3 – Схема разделения помещения для хранения яиц на 2 зоны по 70 000 яиц (а) и 4 зоны по 35000 яиц (б).

Опираясь на результаты математического моделирования, для равномерного электроозонирования яиц необходимо:

- разделить помещение яйцесклада на зоны с равным количеством яиц;
- в центре каждой зоны расположить по одному генератору озона потолочного исполнения.

Выбранное помещение яйцесклада целесообразно разделить на 2 зоны по 70000 яиц или на 4 зоны по 35000 яиц (рис. 3).

При математическом моделировании расстояние в 3 метра удовлетворяло заданному параметру концентрации озона в 20 мг/м^3 . Данное рас-

стояние и взято за наиболее рациональное, к тому же высота потолка также равна 3 м.

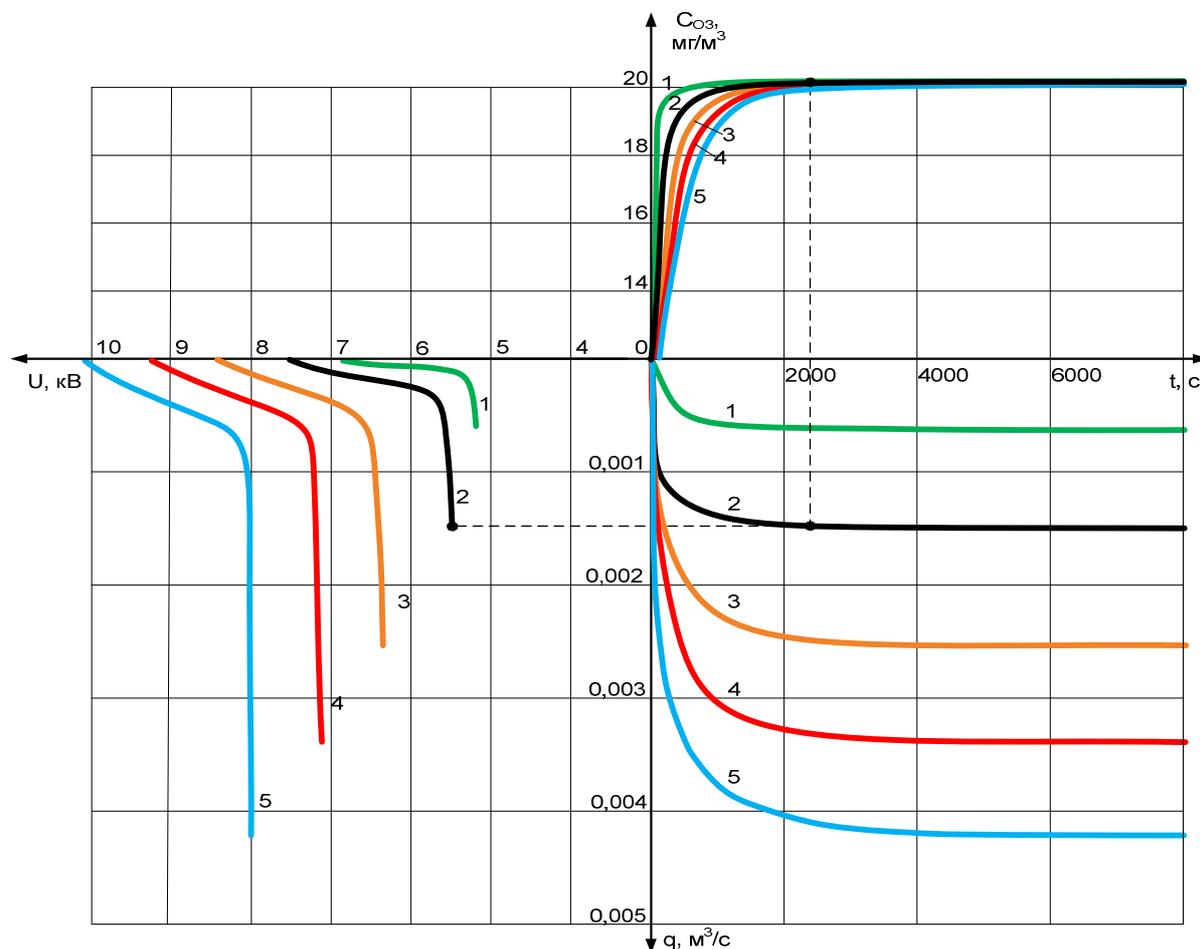


Рисунок 4 – Номограмма, определяющая напряжение разрядного устройства и подачу вентилятора электроозонатора в зависимости от количества обрабатываемых яиц в каждой зоне помещения яйцесклада.

На основании произведенных исследований построена номограмма, представленная на рисунке 4. Номограмма позволяет наглядно увидеть, как будет изменяться напряжение на разрядном устройстве, а также подача вентилятора в зависимости от количества обрабатываемых яиц (1 – 20000 яиц, 2 – 35000 яиц, 3 – 50000 яиц, 4 – 60000 яиц, 5 – 70000 яиц) при потолочном размещении электроозонатора на удалении 3 м.

Анализируя полученную номограмму можно сделать вывод, что для рассматриваемого варианта помещения яйцесклада наиболее рациональным будет установка двух электроозонаторов, так как их суммарная мощность будет в 1,5 раза меньше мощности 4 электроозонаторов для 35000 яиц. В таблице 1 представлены рекомендации по выбору электроозонаторов в зависимости от количества яиц в яйцескладе.

Таблица 1 – Рекомендации по выбору электроозонаторов в зависимости от количества яиц в яйцескладе.

№	Количество яиц на яйцескладе	Количество электроозонаторов, шт.	U_{\max} , кВ	q_{\max} , м ³ /с
1	менее 20000	1	7	0,001
2	35000 - 20000	1	8	0,002
3	35000 - 70000	1	10	0,005
4	70000 - 140000	2	10	0,005
5	200000	3	10	0,005

На основе анализа литературных источников определены необходимые показатели качества: статическая ошибка $\varepsilon_{ст}$, коэффициент перерегулирования G и обобщенный интегральный среднеквадратичный показатель J (табл. 2).

Таблица 2 – Показатели качества системы управления технологическим процессом

Показатель	Допустимое значение
Время регулирования	< 30 мин
Статическая ошибка	± 1
Динамическая ошибка	± 1
Коэффициент перерегулирования, %	± 20
Обобщенный интегральный среднеквадратичный показатель, %	не более 15%

Исследование качества управления электротехнологическим процессом озонирования яйцескладов птицефабрик проводим по виду кривой переходного процесса, полученной в результате моделирования процесса озонирования (рисунок 5) в среде SimInTech при типовом ступенчатом воздействии на расстоянии от электроозонатора 3 м. Без системы регулирования распределением концентрации озона в яйцескладе на расстоянии 3

м через 50 минут установится значение в 15 мг/м³, что недостаточно для качественной обработки яиц.

Таблица 3 – Полученные показатели качества при анализе системы управления

Показатели	С регулированием	Без регулирования
Время регулирования	9 мин	–
Статическая ошибка	0,46	-5
Коэффициент перерегулирования, %	2,3	25
Обобщённый интегральный среднеквадратичный показатель, %	9,7	29

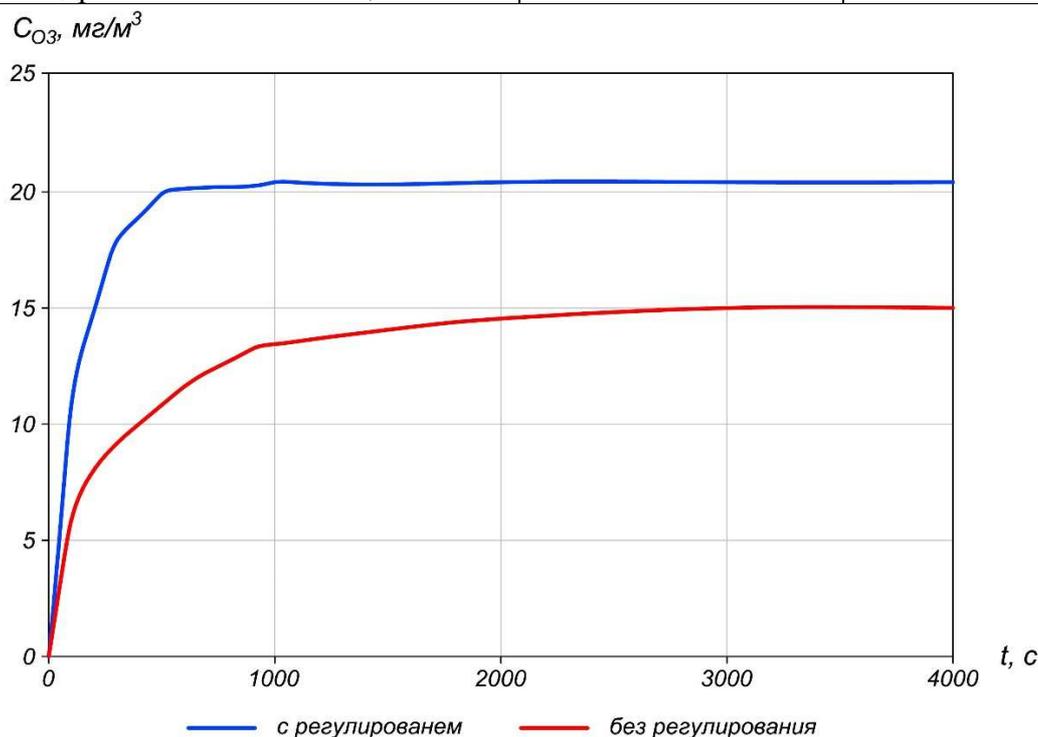


Рисунок 5 – График изменения концентрации озона (на расстоянии от электроозонатора 3 м) от времени при регулировании и без регулирования.

Обобщённый интегральный среднеквадратичный показатель снижен на 19,3 % по сравнению с вариантом без регулирования, что свидетельствует о достаточно качественном регулировании распределением концентрации озона в яйцескладе и удовлетворяет предъявленному допустимому значению данного показателя. В результате математического моделирования была разработана система управления электротехнологическим процессом озонирования яйцескладов птицефабрик, схема, которой представ-

лена ниже. В соответствии с техническими решениями, принятыми при реализации электротехнологического процесса озонирования, разработана принципиальная электрическая схема системы управления электротехнологическим процессом озонирования яйцескладов птицефабрик, представленная на рисунке 6, а печатная плата и схема расположения элементов представлены на рисунках 7, 8.

Таблица 4 – Перечень используемых компонентов

№ п/п	Поз. обоз.	Наименование	Описание	Примечание	Кол-во
Микросхемы					
1	DA1	L7805ABV	стабилизатор напряжения	КР142ЕН5А	1
2	DD1	АТmega8-16PU	микроконтроллер	АТmega168-16PU	1
3	DD2	FT232RL	драйвер USB-RS232	–	1
Резисторы, дроссели, конденсаторы					
4	R1-R5	1 кОм 0,125 Вт 5%	резистор	1 кОм 0,25 Вт	5
5	L1	100мкГн	дроссель	2,58	1
6	C1,C2	22пФ 5% 50В	конденсатор керамический	–	2
7	C3-C6,C9	0,1 мкФ 5% 50В	конденсатор керамический	–	5
8	C7,C8	47мкФ 16В	конденсатор оксидный	47мкФ 25В	2
Полупроводники					
9	VD1	1N4001	диод	1N4004	1
10	HL1-HL4	0,02 А 3В	светодиод	–	4
Соединители					
11	XP1	USB B A-09	розетка на плату	–	1
12	XP2	гнездо 5,5×2,1	гнездо	–	1
13	–	PBS-06	розетка	–	2
14	–	PBS-08	розетка	–	2
15	–	PLS-20	вилка	–	1
16	–	SCS-28 (2,54мм)	–	–	1
17	–	(2,54мм)	джампер	–	2
18	SB1	SWT-20	кнопка	–	1
Прочее					
19	–	16 МГц	резонатор кварцевый	–	1

При включении питания происходит инициализация микроконтроллера, загорается зелёный светодиод HL2, после чего микроконтроллер – ATmega8-16PU производит опрос датчика температуры стекла диэлектрических барьеров DS18B20 (пин 6), а также датчиков концентрации озона C1 и C2 (пины 4 и 2). На основании измеренных значений концентрации озона рассчитывается необходимое управляющее воздействие, подаваемое через пины 9 и 10 на электроозонатор и вентилятор соответственно через силовые ключи на базе полевого n-канального транзистора IRLR8113. Схема включает в себя кварцевый резонатор на 16 МГц, разъем питания, кнопку сброса (RESET). Микроконтроллер можно прошить через разъем для внутрисхемного программирования ICSP. Схема содержит стабилизатор напряжения L7805, который подключается по стандартной схеме, с помощью трёх конденсаторов C7, C8 и C9. С помощью данного стабилизатора на плату можно подавать питание от 7 до 12 В. В качестве преобразователя UART - USB используется микросхема FT232RL. Полный перечень используемых компонентов представлен в таблице 4.

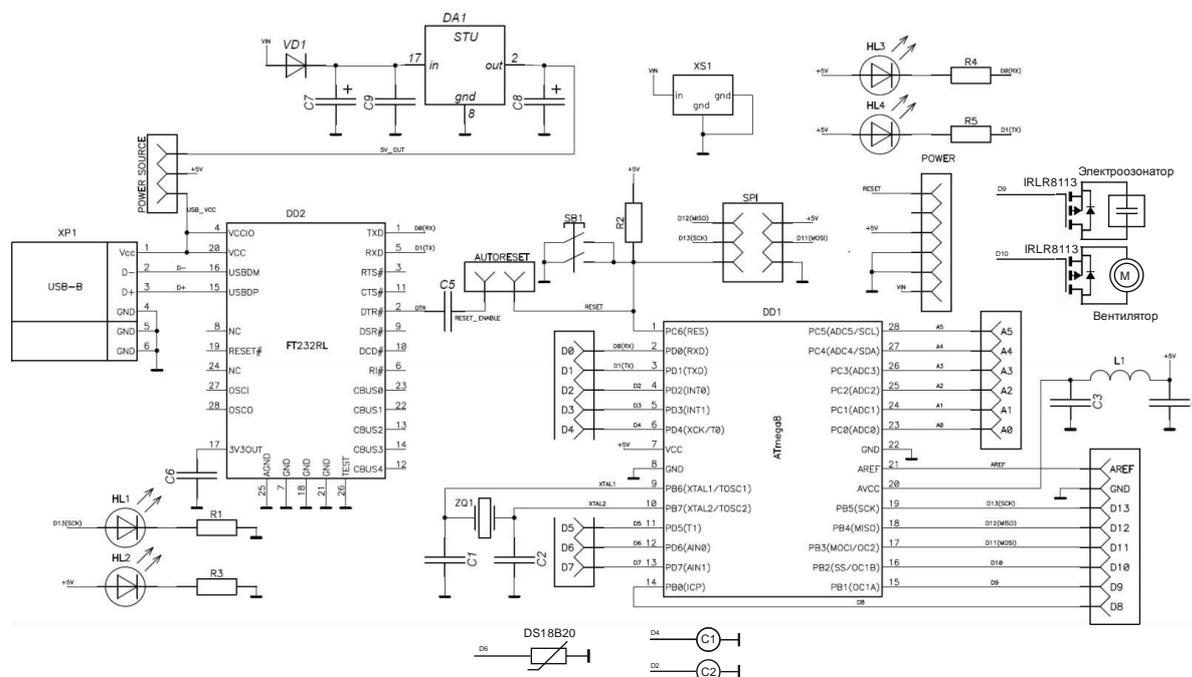


Рисунок 6 – Принципиальная электрическая схема системы управления электротехнологическим процессом озонирования яйцескладов птицефабрик.

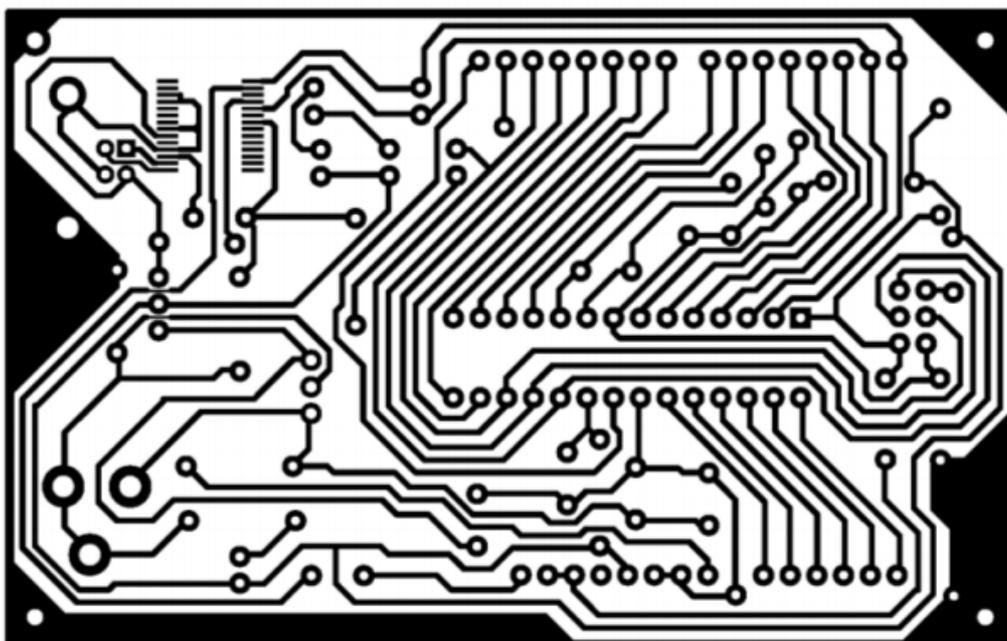


Рисунок 7 – Печатная плата система управления электротехнологическим процессом озонирования яйцескладов птицефабрик.

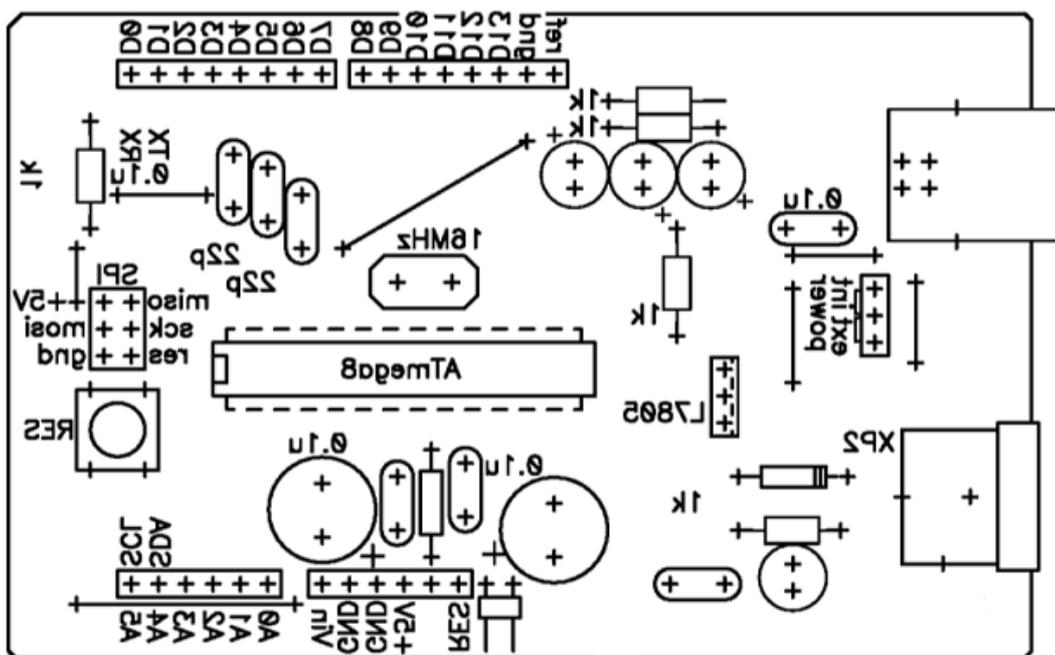


Рисунок 8 – Схема расположения элементов системы управления электро-технологическим процессом озонирования яйцескладов птицефабрик на печатной плате.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате произведённого моделирования обоснованы требования для равномерного электроозонирования инкубационных яиц: 1) деление помещения яйцесклада на зоны с равным количеством яиц; 2) размещение в центре каждой зоны электроозонатора на высоте 3 м. Построена номограмма, определяющая напряжение разрядного устройства и подачу вентилятора электроозонатора в зависимости от количества обрабатываемых яиц в каждой зоне помещения яйцесклада. Даны рекомендации по выбору электроозонаторов в зависимости от количества яиц в яйцескладе. Определены показатели качества работы электротехнологического процесса озонирования яйцескладов птицефабрик. Обобщённый интегральный средне-квадратичный показатель ($J = 9,7\%$) снизился на 19,3% по сравнению с вариантом без регулирования ($J = 29\%$), что говорит о достаточно качественном регулировании распределения концентрации озона в яйцескладе и удовлетворяет предъявленному допустимому значению данного показателя (не более 15%). Разработана принципиальная электрическая схема системой электрооборудования электротехнологического процесса озонирования яйцескладов птицефабрик на базе микроконтроллера ATmega8.

Список литературы

1. Возмилов А.Г. Электроочистка и электрообеззараживание воздуха в промышленном животноводстве и птицеводстве. Автореферат дис. на соиск. уч. степ. д.т.н. Челябинск: ЧеГАУ, 1993. – 37 с.
2. Горячий И.В. Озоно-воздушная обработка посевного материала и плодовых тел гриба / И.В. Горячий, Г.П. Стародубцева, В.И. Хайновский // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2008. № 12. С. 12-14.
3. Ксенз Н.В. Электроозонирование воздушной среды. Зерноград, 1991, 171с.

4. Кривчик Д.Д. Способы повышения энергетической эффективности в сельском хозяйстве / Д.Д. Кривчик, Л.В. Потапенко, А.П. Волошин // Международный научный журнал №3 часть 3 «Инновационная наука» ООО «АЭТЕРНА» г. Уфа – 2016г. С. 101-103.
5. Лытнев А.С. Результаты экспериментальных исследований модернизированной конструкции разрядного устройства пластинчатого типа / А.С. Лытнев, А.П. Волошин // Материалы VI международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы энергетики АПК»: / Под общ. ред. Трушкина В.А. – Саратов: ООО «ЦеСАин», 2015. – 327 с. С. 30-33.
6. Нормов Д.А. Математическое моделирование физических процессов в электроозонаторах барьерного типа / Д.А. Нормов // КубГАУ.: «Труды Кубанского государственного аграрного университета» №3(12), 2008. - С 231-235.
7. Нормов Д.А. Электроозонные технологии в сельскохозяйственном производстве / Д.А. Нормов, И.Ф. Бородин // М.: «Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук» №1, 2009. - С 57-59.
8. Овсянников Д.А. Учебное пособие для практических занятий в примерах по дисциплине «Планирование и обработка результатов исследований»: учеб. пособие / Д.А. Овсянников, С.А. Николаенко, Д.С. Цокур, А.П. Волошин // - Краснодар, 2014. -76 с.: ил.
9. Оськин С.В. Электротехнологии в сельском хозяйстве: учебник для студентов вузов / С.В. Оськин. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – 501с.
10. Пат. РФ № 2417159, МПК С2 С01В13/11 (2006.01) Электроозонатор / Д.А. Овсянников, С.А. Николаенко, С.С. Зубович, А.П. Волошин, Д.С. Цокур; заявитель и патентообладатель КГАУ. – № 2009126863 заявл. 13.07.2009; опубл. 27.04.2011. Бюл. № 2. – 5 с.
11. Пат. РФ № 2429192, МПК С2 С01В13/11 (2006.01) Электроозонатор / Д.А. Овсянников, С.А. Николаенко, С.С. Зубович, А.П. Волошин, Д.С. Цокур; заявитель и патентообладатель КГАУ. – № 20091330067 заявл. 2.09.2009; опубл. 20.09.2011. Бюл. № 26. – 6 с.
12. Сторчевой В.Ф. Математическое моделирование стационарных процессов ионизатора-озонатора. Природообустройство №2. - М.: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. 2012. С. 78-82.

References

1. Vozmilov A.G. Jelektroochistka i jelektroobezrazhivanie vozduha v promyshlennom zhivotnovodstve i pticevodstve. Avtoreferat dis. na soisk. uch. step. d.t.n. Cheljabinsk: CheGAU, 1993. – 37 s.
2. Gorjachij I.V. Ozono-vozdushnaja obrabotka posevnogo materiala i plodovyh tel griba / I.V. Gorjachij, G.P. Starodubceva, V.I. Hajnovskij // Mehanizacija i jelektrifikacija sel'skogo hozjajstva. 2008. № 12. S. 12-14.
3. Ksenz N.V. Jelektroozonirovanie vozdushnoj sredy. Zernograd, 1991, 171s.
4. Krivchik D.D. Sposoby povyshenija jenergeticheskoj jeffektivnosti v sel'skom hozjajstve / D.D. Krivchik, L.V. Potapenko, A.P. Voloshin // Mezhdunarodnyj nauchnyj zhurnal №3 chast' 3 «Innovacionnaja nauka» ООО «AJeTERNA» g. Ufa – 2016g. S. 101-103.
5. Lytnev A.S. Rezul'taty jeksperimental'nyh issledovanij modernizirovannoj konstrukcii razrjadnogo ustrojstva plastinchatogo tipa / A.S. Lytnev, A.P. Voloshin // Materialy VI mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Aktual'nye problemy jenergetiki AПК»: / Pod obshh. red. Trushkina V.A. – Saratov: ООО «CeSAin», 2015. – 327 s. S. 30-33.

6. Normov D.A. Matematicheskoe modelirovanie fizicheskikh processov v jelektroozonatorah bar'ernogo tipa / D.A. Normov // KubGAU.: «Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta» №3(12), 2008. - S 231-235.
7. Normov D.A. Jelektroozonnye tehnologii v sel'skohozjajstvennom proizvodstve / D.A. Normov, I.F. Borodin // M.: «Vestnik Rossijskoj akademii sel'skohozjajstvennyh nauk» №1, 2009. - S 57-59.
8. Ovsjannikov D.A. Uchebnoe posobie dlja prakticheskikh zanjatij v primerah po discipline «Planirovanie i obrabotka rezul'tatov issledovanij»: ucheb. posobie / D.A. Ovsjannikov, S.A. Nikolaenko, D.S. Cokur, A.P. Voloshin // - Krasnodar, 2014. -76 s.: il.
9. Os'kin S.V. Jelektrotehnologii v sel'skom hozjajstve: uchebnik dlja studentov vuzov / S.V. Os'kin. – Krasnodar: KubGAU, 2016. – 501s.
10. Pat. RF № 2417159, MPK S2 S01V13/11 (2006.01) Jelektroozonator / D.A. Ovsjannikov, S.A. Nikolaenko, S.S. Zubovich, A.P. Voloshin, D.S. Cokur; zajavitel' i patentoobladatel' KGAU. – № 2009126863 zajavl. 13.07.2009; opubl. 27.04.2011. Bjul. № 2. – 5 s.
11. Pat. RF № 2429192, MPK S2 S01V13/11 (2006.01) Jelektroozonator / D.A. Ovsjannikov, S.A. Nikolaenko, S.S. Zubovich, A.P. Voloshin, D.S. Cokur; zajavitel' i patentoobladatel' KGAU. – № 20091330067 zajavl. 2.09.2009; opubl. 20.09.2011. Bjul. № 26. – 6 s.
12. Storchevoj V.F. Matematicheskoe modelirovanie stacionarnyh processov ionizatora-ozonatora. Prirodoobustrojstvo №2. - M.: RGAU-MSHA im. K.A. Timirjazeva. 2012. S. 78-82.