

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 6, Number 420 (2016), 136 – 145

Sh. Bahtaev<sup>1</sup>, A. Zh. Toigozhinova<sup>1</sup>, A. M. Seytimbetov<sup>2</sup>, O. V. Zhirnova<sup>3</sup>, A. A. Tileubaeva<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Almaty university of energy and svyazi 1, Almaty, Kazakhstan,

<sup>2</sup>Kazakh National University named after Al-Farabi, Almaty, Kazakhstan,

<sup>3</sup>Kazahsky national research technical university after named K. I. Satpaev, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: oxana\_fedoseyeva@mail.ru

## DEVELOPMENT OF AUTOMATED INSTALLATION FOR AIR OZONIZATION IN THE WORKING VOLUME

**Abstract.** Presented automated installation for air ozonation indoor agriculture. A description of the executable functions and processes, component parts and system components. In the technical description of the automatic frequency control unit shows the electronic and controls. An automated installation for air ozonation indoor agriculture. Shown and described structure and flowchart automatic control unit ozone concentration in the working volume. Shown is a real possibility of automation control and monitoring of ozone concentrations in the application ozonometers installed around the perimeter of the working volume. Development of high-tech ozone and ozonated devices is of great importance and requires the study of theoretical positions and analysis of experimental data, the totality of which would allow to develop scientifically sound methodological design of these systems device with reference to the requirements of food industry. The present work is the first attempt to study the theory and methodology of research of physical and chemical processes in the negative ozonation crown with the MP in the air. The results of the mechanism and kinetics of ozone electrosynthesis research in this type of discharge allowed to create preconditions for the development of new guidelines on ozone corona discharge with a high energy efficiency and ozone productivity. Systematization of data on the applications of ozone in different sectors of industry, medicine and agriculture, significantly expand the scope of application of ozone technology in general.

**Keywords:** air ozonation, ozone concentration, frequency control, automatic installation for air ozonation.

УДК 537.523.3:541.13

Ш. А. Бахтаев<sup>1</sup>, А. Ж. Тойгожинова<sup>1</sup>, А. М. Сейтимбетов<sup>2</sup>, О. В. Жирнова<sup>3</sup>, А. А. Тилеубаева<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Алматинский университет энергетики и связи, Алматы, Казахстан,

<sup>2</sup>Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан,

<sup>3</sup>Казахский национальный исследовательский технический университет им. К. И. Сатпаева,

Алматы, Казахстан

## РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОЗОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА В РАБОЧЕМ ОБЪЕМЕ

**Аннотация.** Представлена автоматизированная установка для озонирования воздуха в помещениях агропромышленного комплекса. Дано описание исполняемых функций и процессов, комплектующих частей и компонентов установки. В техническом описании блока автоматического регулирования частоты приведены электронные и управляющие элементы. Разработка высокоэффективных озонных технологий и озонирующих устройств имеет большое значение и требует исследования теоретических положений и анализа экспериментальных данных, совокупность которых позволила бы развить научно-обоснованный методический аппарат проектирования данных систем с учетом требований, предъявляемых пищевой промышленностью. Настоящая работа является первой попыткой изучения теории и методики исследований физико-химических процессов озонирования в отрицательной короне с МП в атмосферном воздухе. Полученные результаты

исследований механизма и кинетики электросинтеза озона в этом виде разряда позволили создать предпосылки для разработки новых принципов озонаторов на коронном разряде с более высокими энергетическими выходами озона и производительностью. Систематизация данных по применениям озона в различных отраслях промышленности, медицине и сельском хозяйстве, существенно расширяют область применения озонной технологии в целом.

**Ключевые слова:** озонирование воздуха, концентрация озона, регулировка частоты, автоматизированная установка для озонирования воздуха.

**Введение.** Развитие сельского хозяйства – проблема экономической и продовольственной безопасности страны. На современном этапе эту проблему наиболее целесообразно решать за счет интенсивных факторов развития производства, внедрения новейших достижений науки, техники и передовой практики на основе радикальных изменений производственно-экономических отношений в обществе. Перед специалистами и учеными стоит важнейшая задача – повышение конкурентоспособности отечественной пищевой промышленности, сельскохозяйственной продукции в том числе растениеводства. В настоящее время сельскохозяйственное производство Казахстана в полном объеме может обеспечить население страны продовольственной продукцией, используя научные достижения в области растениеводства и животноводства. Развитие пищевой промышленности в настоящее время определяется не только количеством изготовленной продукции, но и тем сколько ее сохранено. Поэтому важно снижение потерь пищевого сырья на всех этапах его перевозки, хранения и переработки. Одним из способов повышения эффективности ряда технологических процессов в пищевой промышленности является использование озонородной смеси. Это обусловлено участием озона во многих биохимических процессах, являющихся основой обмена веществ и энергий в сельскохозяйственных биологических объектах. Итогом такого применения озонородной смеси является повышение производительности, снижение энергоемкости, снижение бактериологического и вирусного угнетения, повышение урожайности, продуктивности и сохранности сельскохозяйственной продукции. Одним из новых направлений хранения плодов, овощей, зерна и технических культур является применение озона. Озонированный воздух с успехом применяется как средство для стерилизации, обеспечения сохранности пищевых продуктов и для устранения запаха (дезодорация) в холодильниках и овощехранилищах. Озон разрушает поверхностную плесень, очаги гниения и убивает бактерии на поверхности мяса, рыбы, овощей, фруктов, яиц, сыров, что приводит к удлинению срока сохранности и свежести. В силу своих бактерицидных и дезодорирующих свойств озонированный воздух может использоваться для очистки камер – хранилищ пищевых продуктов, овощехранилищ и других объектов с устойчивыми неприятными запахами. Озон позволяет хранить в одной камере несовместимые продукты без риска испортить их из-за передачи запахов. Окисляя этилен, озон задерживает перезревание фруктов, уничтожает окись углерода и резко снижает содержание вредных, токсичных, дурно пахнущих веществ в воздухе [1].

**Методы исследования.** При применении озона в пищевой промышленности большое внимание должно быть обращено на концентрацию выделяемого озона для обработки продукции. Также необходимо учитывать особенности технологического процесса, видовой состав микрофлоры, температуру, влажность и другие параметры, которые могут оказать влияние на действие озона.

В связи с этим, вопросы разработки устройства для озонирования воздуха с автоматизацией контроля и регулирования концентраций озона в помещениях агропромышленного комплекса является актуальным.

Для оптимального подбора и регулирования концентраций озона в рабочем объеме для различных пищевых продуктов разработан генератор для выработки высоковольтных импульсов, подаваемых на озонаторные ячейки коронно-барьерного разряда и схема автоматического регулирования концентраций озона в рабочем объеме.

Структурная технологическая схема установки показана на рисунке 1. Автоматизированная установка для озонирования воздуха в производственных помещениях состоит из шести основных частей:

1. Генератор высоковольтных импульсов напряжения;
2. Коронноразрядные ячейки, вырабатывающие озон;

3. Компрессор для выдува озона из озонаторных ячеек;
4. Озонометры (ОМ);
5. Блок автоматического управления концентрацией озона (БАУКО);
6. Рабочий объем (РО).

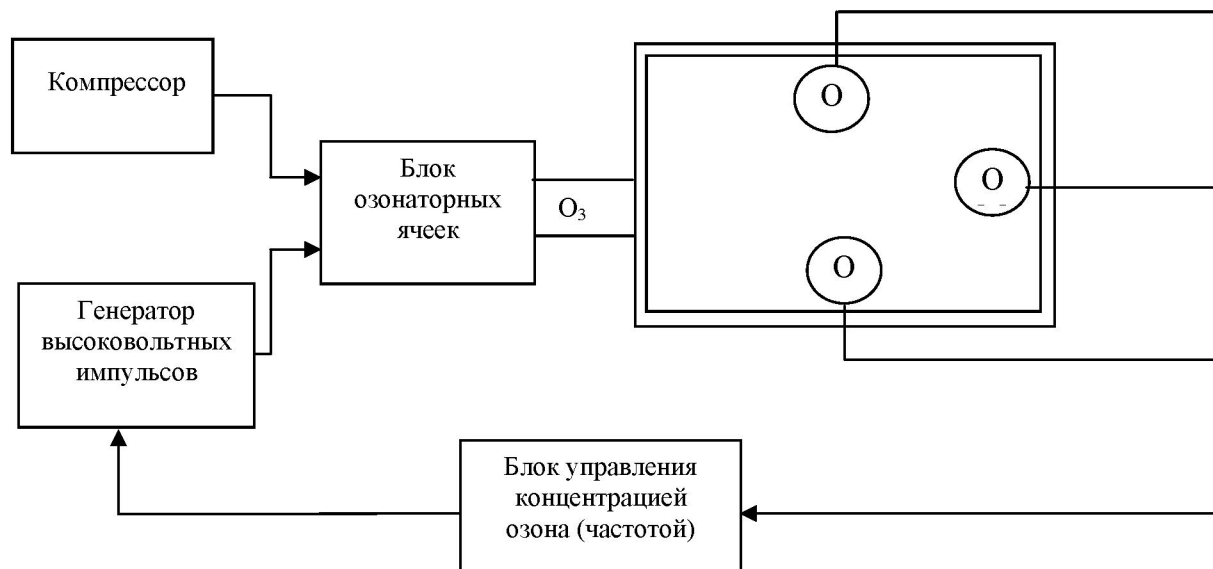


Рисунок 1 – Структурная схема автоматизированной установки для озонирования воздуха

Генератор высоковольтных импульсов представляет собой источник, построенный на основе управляемого тиристорного высоковольтного электронного ключа с нагрузкой в виде силового трансформатора. Импульсы высокого напряжения подаются на озонаторные ячейки, где возникает и развивается коронный разряд, что способствует образованию озона в разрядном промежутке. Концентрация озона измеряется озонометром, постоянный ток на выходе которого измеряется микроамперметром с нулевой точкой, т.е. микроамперметр показывает, как положительные, так и отрицательные изменения тока на выходе озонометра [2].

Идея автоматического регулирования содержания озона в озонаторных ячейках основано на том факте, что при требуемом содержании озона ток через микроамперметр озонометра равен «0», а любое его изменение (как положительное, так и отрицательное) должно компенсироваться соответствующим изменением частоты импульсов высокого напряжения в озонаторных ячейках. В свою очередь высокое напряжение определяется частотой подачи импульсов поджига тиристорного ключа, поэтому реально блок автоматического регулирования напряжения представляет собой блок автоматической регулировки частоты (АРЧ). Изначально устанавливается частота  $f_0$  управляемого генератора импульсов поджига тиристора, которая соответствует заданному значению содержания озона. Блок АРЧ сконструирован так, что любое отклонение тока в микроамперметре компенсируется соответствующим изменением значения вырабатываемого генератором озонатора высоким напряжением [3].

Для реализации идеи служит блок автоматического управления концентрацией озона в рабочем объеме (БАУКО), входным сигналом которого служит меняющийся во времени ток измеряемый микроамперметром озонометра, а выходным сигналом является меняющаяся обратно пропорционально измеряемому току выходная частота импульсов, подающиеся на управляющий электрод тиристора емкостного накопителя энергии.

БАУКО предназначен для исследования разных режимов работы генератора высоковольтных напряжений и озонометра, конструктивно выполненных в модульном варианте и состоит из 5 различных модулей (рисунок 2):

1. Предусилитель после микроамперметра в качестве входного каскада БАУКО.
2. Основной регулируемый усилитель, сопряженный с генератором импульсов, управляемый напряжением (ГУН).

3. Модуль микроконтроллера с электронным обрамлением и соединенный с аналого-цифровым преобразователем усиленного входного сигнала медленно меняющегося во времени в соответствующий цифровой код с ТТЛ-уровнями (диапазон  $0 \div +5\text{В}$ ).

4. Модуль цифро-аналогового преобразователя, преобразующий цифровой код в соответствующее аналоговое постоянное напряжение, подаваемое на вход управляемое частотой ГУН.

5. Подвешенный независимый источник вторичных напряжений ( $+5\text{В}$ ,  $\pm 15\text{В}$ ), применяемый для питания интегральных схем и полупроводниковых приборов БАУКО, необходимость изготовления которого вызвана разницей между «землями» собственно озонметра, БАУКО и генератора высоковольтных напряжений.

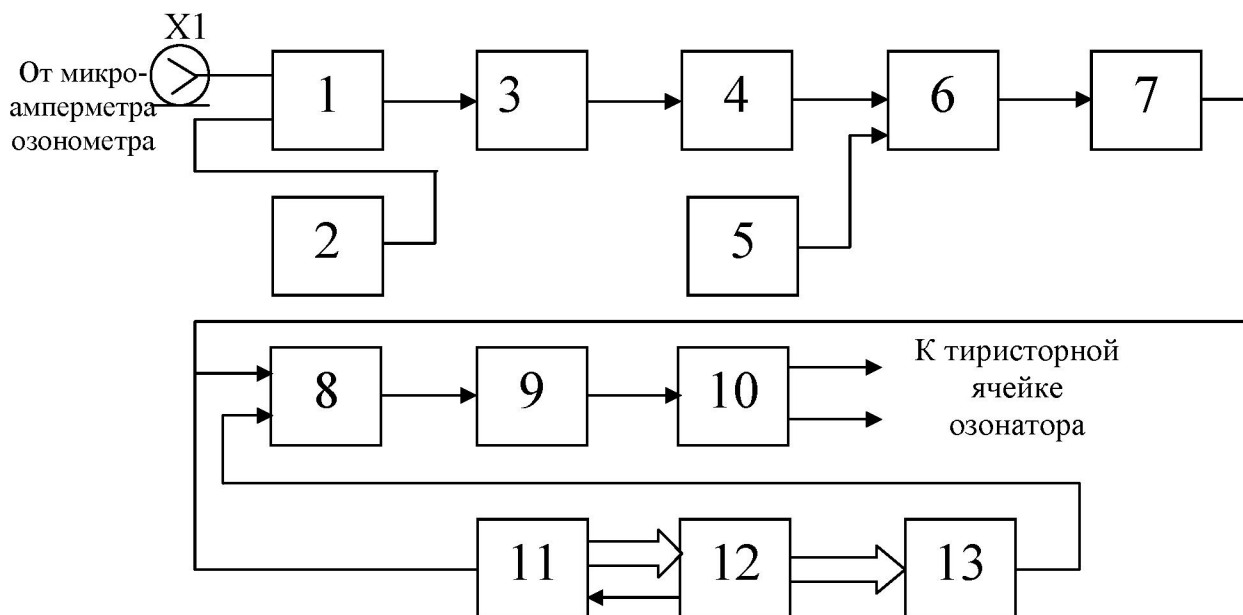


Рисунок 2 – Структурная схема БАУКО

В таблице 1 приведены наименования основных узлов и элементов структурной схемы БАУКО.

Таблица 1 – Указание элементов структурной схемы БАУКО

№	Наименование	№	Наименование
X1	Входной разъем СР-50-I	7	Эмиттерный повторитель
1	Двухпозиционный переключатель	8	Двухпозиционный переключатель
2	Ручной задатчик постоянного напряжения	9	Генератор, управляемый напряжением
3	Предварительный усилитель МДМ	10	Импульсный усилитель-формирователь
4	Основной усилитель на ОУ	11	Аналого-цифровой преобразователь
5	Схема сдвига уровня напряжения	12	Микроконтроллер PIC16F84A
6	Сумматор	13	Цифро-аналоговый преобразователь

Наиболее подробно принцип работы всего комплекса БАУКО представлен в виде расширенной блок-схемы на рисунке 3.

В данной схеме двунаправленный порт В является основным связующим звеном между МК и внешним миром, через него происходит процесс обмена данными, байты порта А являются при этом управляющими.

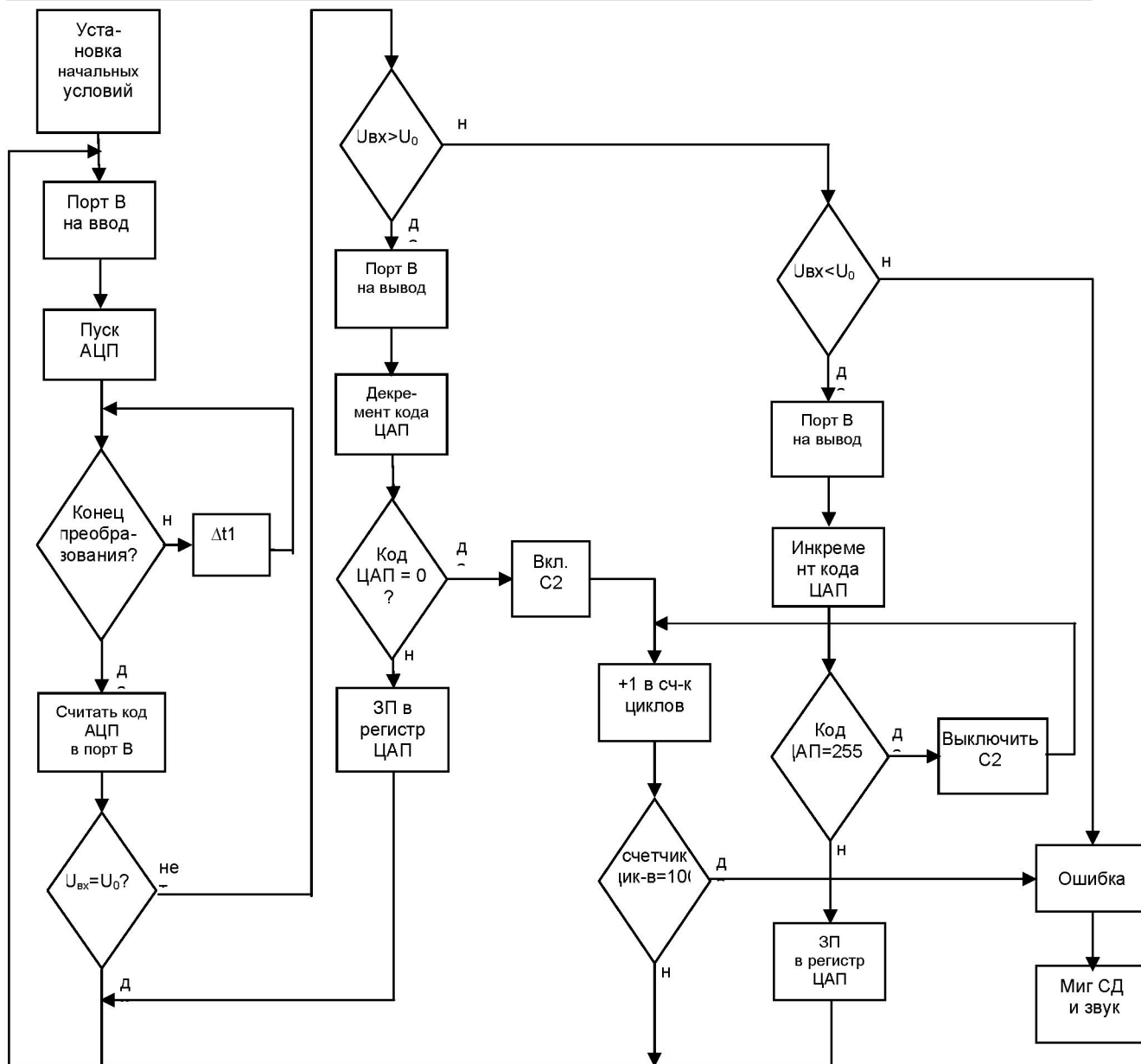


Рисунок 3 – Блок схема работы блока автоматического управления концентрацией озона

После установки начальных данных условий порт В переводится в режим ввода и производится пуск АЦП установкой 0 разряда порта А в логическую «1» с последующим сбросом через несколько микросекунд в 0, тем самым получается положительный импульс который воздействует на БИС АЦП. В это время на входе АЦП уже должно присутствовать аналоговое медленно меняющейся напряжение с усилителя озонатора. После этого МК ожидает конца преобразования, периодически проверяя установку триггера «Готовность АЦП» в 1.

После установки триггера «Готовность АЦП» В «1» происходит считывание кода на выход АЦП в порт В. После этого процессор МК производит сравнение принятого напряжения с заданным  $U_0$ , и если они равны, то происходит возврат в начало программы.

Если принятое напряжение больше заданного  $U_0$  тогда порт В переводится в режим вывода, через него код выходного ЦАП уменьшается на «-1» и проверяется не дошел ли этот код до «0»? Если код ЦАП еще не «0», тогда этот код записывается в регистр ЦАП, тем самым изменяя выходное аналоговое напряжение, что соответственно влияет на частоту генератора ГУН и программа возвращает в стартовую часть.

Если код ЦАП дошел до «0», но не достиг равенства реального и заданного напряжения, значит надо менять диапазон частот, и МК подключает к ГУН дополнительную емкость С2. После проверяется количество циклов подключения (максимально может быть 100) и в случае, когда циклов меньше 100, возвращается в начало, иначе происходит переход к подпрограмме «Ошибка», что сопровождается миганием светодиода и звуковым сигналом.

В случае если напряжение с озонметра меньше заданного, тогда порт В тоже переводится в режим ввода и через него происходит увеличение на 1 кода ЦАП, после чего происходит проверка кода ЦАП на максимум, и если этот код меньше 255 (максимум байта АЦП) тогда производится запись в регистр ЦАП и возврат в начало. Если код ЦАП достиг максимума, тогда МК отключает дополнительную емкость путем сброса RA4 в «0», проверяется количество циклов и происходит возврат в начало, если количество циклов меньше 100.

Если количество циклов равно 100, происходит переход к программе «Ошибка». Из блок-схемы алгоритма наглядно видно все процессы происходящие внутри МК управления. Начальными константами служит: а) задание fcp для определенного вида концентрации озона и соответствующее ему Ucp, подаваемого на регистр ЦАП; б) сброс в «0» всех внешних регистров БАУКО.

**Результаты исследования.** Для разработки программы управления необходимо использовать MPLAB – это работающая на платформе Windows интегрированная среда разработки (IDE). MPLAB является свободно распространяемой программой и её можно загрузить с сайта [www.microchip.com](http://www.microchip.com). Для создания исходного теста программы управления используется язык ассемблера MPASM, входящий в состав MPLAB. В MPLAB также есть средства отладки и компоновки программ, стандартная библиотека файлов.

Пути снижения потерь сочного растительного сырья от микробиологической порчи приобретают при хранении в охлаждаемых условиях особое значение. Учитывая поставленные задачи, первым шагом в этом направлении служат исследования влияния озонной среды на условия развития чистых культур микроорганизмов. Полученные результаты помогают выработать стратегию воздействия рассматриваемой среды на процесс хранения плодоовощной продукции. Однако необходимо отметить, что условия эволюции микроорганизмов на питательных средах и в естественных условиях различны. В этой связи для обоснования и выбора режима обработки изучено влияние озонной среды на лежкость картофеля.

Для испытания и определения влияния озонвоздушной смеси на лежкость картофеля проводились экспериментальные работы в овощехранилище продовольственного рынка «Арзан» г. Кызылорда. Результаты проведенной работы показали, что обработка клубней озонвоздушной смесью снижает потери (таблица 2) при экспозиции 36 часов на 5 %.

Таблица 2

Режим	Конц., мг/м <sup>3</sup>	Выход станд. картофеля, %	Потери всего, %	В том числе, %			
				сухая гниль	мокрая гниль	ростки	естественная убыль
Контроль	–	91,0	10,0	1,5	0,5	2,0	6,0
Экспозиция 36 часов	3,5	95,0	5,0	0,5	0,1	1,0	3,4

Обработке клубней озонвоздушной смесью с концентрацией 3,5 мг/м<sup>3</sup> проводились ежедневно с экспозицией 36 часов. При температуре хранения 2–4 °С ростков не наблюдалось (0,1%).

Указанные режимы обеспечивала автоматизированная установка для озонирования воздуха в рабочем помещении. С помощью блока автоматического регулирования подбиралась, концентрация озона и поддерживалась согласно режиму обработки картофеля на одном уровне в длительное время.

Отсюда следует, что потери, в том числе естественная убыль массы, от обработки клубней озонвоздушной смесью снижаются, и увеличивается срок хранения на 1–1,5 месяца.

В ходе эксперимента был произведен отбор и анализ воздуха (в закрытом помещении) до и после озонирования. Результаты химического анализа содержания вредных веществ в помещениях показали следующее: содержание СО и NO<sub>2</sub> в воздухе до обработки озоном было 1,5 и 0,7 мг/м<sup>3</sup>

соответственно, а после обработки они не были обнаружены; содержание пыли после обработки озоном уменьшилось почти в пять раз (от 0,5 до 0,1 мг/м<sup>3</sup>).

**Обсуждение результатов.** Озон как средство для обеззараживания от патогенной микрофлоры был предложен А. П. Доброславиным в 1874 г. [1]. Сейчас он широко применяется для дезинфекции питьевой воды. В рассматриваемом в настоящей работе прикладном аспекте интерес представляет бактерицидная обработка поверхностной микрофлоры и бактериальных аэрозолей. По мнению исследователей [2-4], озон обладает сугубо поверхностным действием и может быть использован для уничтожения инфицирующих их микроорганизмов. Установлено [5, 6], что при температуре 288–293 К и относительной влажности воздуха 80–95 % концентрация озона менее 1 мг/м<sup>3</sup> не влияет на патогенную микрофлору. При концентрации более 1 мг/м<sup>3</sup> рост плесени на поверхности ингибируется. Общественное использование озона для очистки воздуха сооружений большего объема и удаления запахов и вредных испарений. В воздухе озон уничтожает бактерии, вызывающие гниение продуктов, препятствует образованию плесени и слизистых отложений [7]. Для уничтожения гнилостных бактерий и спор при 277 К и относительной влажности воздуха 60–90% достаточно озона концентрацией 0,08–0,2 мг/м<sup>3</sup>. Эта же концентрация озона при 273 К ингибирует развитие плесневых грибов на упаковке для хранения фруктов. Исследовано [8] воздействие озона на чистые культуры фитопатогенных грибов *Fusarium solani*, *Phytophthora infestans*, *Rhizoctonia solani*, высеянных на твердые питательные среды, при следующих режимах: концентрация озона  $C = 12\text{--}15$  мг/м<sup>3</sup>, температура  $t = 291$  К, относительная влажность воздуха  $\phi = 80\text{--}90\%$ , продолжительность озонирования  $\tau = 20$  мин., 3 ч, 24 ч;  $C = 12\text{--}15$  мг/м<sup>3</sup>,  $t = 277$  К,  $\phi = 85\text{--}90\%$ ,  $\tau = 20$  мин., 3 ч, 24 ч;  $C = 30$  мг/м<sup>3</sup>,  $t = 291$  К,  $\phi = 80\text{--}90\%$ ,  $\tau = 48$  ч.

Результаты показали, что концентрация озона 12–15 мг/м<sup>3</sup> при температуре 291 К оказывает угнетающее воздействие на рост гриба *Fusarium solani* (рисунок 1, кривые 1–3,  $D$  – диаметр колоний). Озонирование в течение 3 ч уменьшает интенсивность роста гриба в 2 раза по сравнению с контролем, а при 24-часовой выдержке – в 5 раз. Увеличение продолжительности до 48 ч и концентрации до 30 мг/м<sup>3</sup> не оказывает существенного влияния на замедление их роста. Зависимость скорости роста гриба от продолжительности озонирования при температуре 277 К представлена на том же рисунке (кривые 4–6). Озонирование в течение 3 ч при концентрации 12–15 мг/м<sup>3</sup> уменьшает скорость роста гриба в 1,1 раза, а в течение 48 ч – в 4,4 раза.

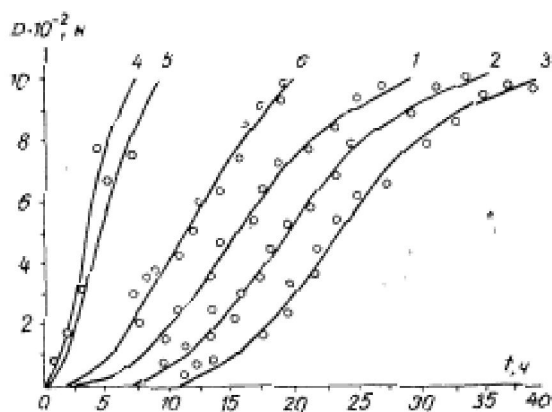


Рисунок 3 – Зависимость скорости роста гриба *Fusarium solani* от продолжительности озонирования

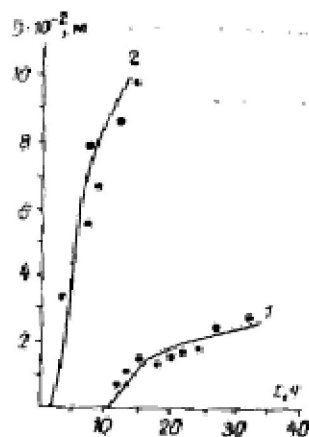


Рисунок 4 – Концентрация озона

Воздействие озоном на культуру грибов *Fusarium solani* при изученных режимах не приводит к гибели, а оказывает бактериостатическое действие на их рост, лаг-фаза увеличивается в 1,5–3 раза. Зависимость скорости роста гриба *Rhizoctonia solani* от продолжительности озонирования при температуре 277 К показана на рисунке 2 ( $D$  – диаметр колоний). Обработка озонированным воздухом ( $C = 12\text{--}15$  мг/м<sup>3</sup>) в течение 24 ч уменьшает скорость роста гриба в 7 раз, лагфаза увеличивается в 4,5 раза. Установлено также, что рост гриба *Phytophthora infestans* подавляется полностью при озонировании в течение 20 минут.

По данным [7], концентрация озона  $4 - 22 \text{ мг/м}^3$  обеспечивает уничтожение поверхностной микрофлоры. Согласно [9, 10], для подавления фитопатогенных микроорганизмов концентрация озона составляет  $30-40 \text{ мг/м}^3$ , продолжительность обработки  $2-9 \text{ ч}$ . В то же время установлено, что плесневые грибы наиболее чувствительны к озону в период лаг-фазы (концентрация озона  $10-20 \text{ мг/м}^3$ ). Бактерицидный эффект при воздействии озоном на фитопатогенную микрофлору подтвержден исследованиями [11, 12], хотя рекомендуемые режимы озонирования существенно различаются. Озонирование успешно используется для подавления патогенной микрофлоры в холодильных камерах [3, 13, 10], режимы обработки и в этом случае сильно различаются (таблица 1).

Исследования [14] показали, что озонирование холодильных камер при концентрации озона  $12-14 \text{ мг/м}^3$  и продолжительности обработки 10 часов обеспечивает 93%-й микоцидный эффект по отношению к плесневым грибам родов *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium* и *Mucor*. Из зависимости микоцидного эффекта озонирования воздуха камер от времени при максимальной концентрации озона  $14 \text{ мг/м}^3$  следует (рисунок 3), что при продолжительности озонирования 10 ч (рисунок 3,а, штриховая линия) количество погибших микробных клеток  $N_n$  при температуре в камере  $273,8 \text{ К}$  (1) и  $268 \text{ К}$  (2) составляет соответственно 92,8 и 94,5%. Основные ионизационные процессы в коронном разряде протекают в области повышенной напряженности поля (в коронирующем слое), которая лежит вблизи поверхности электрода с малым радиусом кривизны (провод, острие и т.д.). [1-3] При некотором напряжении между электродами начинают возникать отдельные электронные лавины или группы лавин. С повышением напряжения и достижением начальной напряженности поля короны ( $E_0$ ) эти лавины вызывают появление достаточного числа свободных электронов, дающих начало новым лавинам. Ток разряда резко возрастает, устанавливается режим самостоятельного разряда. Для расчета параметров отдельных лавин, а также для установления критерия самостоятельности разряда обычно используются ионизационные коэффициенты Таунсенда  $\alpha$  и  $\gamma$ . Для образования озона наиболее благоприятные условия создаются в отрицательной короне, протекающей в атмосферном воздухе, кислороде и их смесях с другими газами. При этом электроны имеют высокие энергии в ионизационной области, тогда как молекулы газа во внешней области короны находятся в состоянии тепловой энергии. В связи с пространственно-временной дискретностью электронных лавин в чехле короны механизм образования озона в отрицательной короне можно условно разделить на три стадии:

1) Возникновение, развитие и окончание электронной лавины в области коронирующего слоя ( $\sim 0,3\sqrt{r_0}$ , см); время существования лавины –  $50-100 \text{ нс}$ . В этой стадии происходят: появление, размножение и, частично, исчезновение электронов, диссоциация, ионизация и возбуждение молекул кислорода.

2) Процессы прилипания электронов и появление отрицательных ионов кислорода; реакции атомов и возбужденных молекул кислорода с другими молекулами; образование озона и его релаксация в основное состояние. Процессы протекают в коронирующем слое; время второй стадии  $\sim 5-10 \text{ мкс}$ .

3) «Расплывание» нейтральных молекул озона в окружающее пространство за счет диффузии или уход из-за продувки газа; окончание медленных реакций; «рассасывание» отрицательных ионов кислорода и озона во внешнюю область разряда. Время стадии  $\sim 1-10 \text{ мс}$ . Результаты теоретических и экспериментальных работ последних лет показали, что отрицательный коронный разряд с микроэлектродами (микропроволока, игла (острие), острые кромки и тонкая спираль с радиусами кривизны не более  $25-50 \text{ мкм}$ ) по сравнению с другими видами коронного разряда обеспечивает более высокий удельный ток разряда и большую плотность тока на коронирующем электроде [32, 41]. На основе полученных данных разработаны новые озонаторы на коронном разряде (ОКР), которые существенно не отличаются по своему энергетическому выходу озона (до  $50 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$ ) от известных озонаторов со средней производительностью озона ( $10-100 \text{ г/ч}$ ) и в то же время имеют следующие преимущества: простота конструкции и малые габариты, слабое влияние давления и скорости протекающего воздуха на их характеристики, экологическая безопасность и отсутствие воздухоподготовки, малая металлоемкость и малый вес [4].

При всех преимуществах в своем классе (малогабаритность, удобство и простота обращения и обслуживания, не требующая высокой квалификации обслуживающего персонала) озонаторы типа



ОКР обладают рядом недостатков, не позволяющее использовать их в качестве озонирующих элементов при разработке промышленных озонаторов для получения большого объема озона (5–10 кг/ч), причем не считая отдельных модификаций, озонаторы на коронном разряде в большинстве случаев имеют низкие энергетические выходы озона (г/кВт·ч). В отдельных модификациях озонаторов типа ОКР обеспечение существенного увеличения энергетического выхода озона (до 50 г/кВт·ч) по сравнению с классическими способами получения озона на коронном разряде [4] достигается различными усовершенствованиями, конструкции коронирующих электродов, комбинированным питанием или продувкой в оптимальном режиме разрядного промежутка [3, 4].

Производительность по озону (г/ч) озонатора или озонирующего элемента определялась по градуировочной кривой, снятая с помощью озонметра типа ЛЭК разработки Санкт-Петербургского технического университета. На рисунке 5 приведена зависимость производительности трубчатого озонатора от значения разрядного тока ( $P_n$ ) и расчетные значения удельного энергетического выхода по озону ( $P_y$ ).

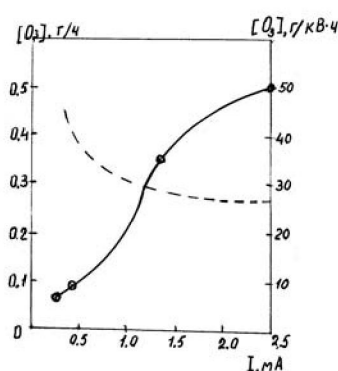


Рисунок 5 – Производительность и энергетический выход озонирующего элемента.  
Сплошные линии – производительности (г/ч), штриховая – энергетический выход озона (г/кВт·ч)

Озонатор имел следующие параметры:  $L=150$  мм,  $D=100+26$  микрон (спиральная). Расход продуваемого воздуха через озонатор составил 20 л/мин. Как следует из этого рисунка, с ростом величины разрядного тока производительность озонатора по озону также растет, в то время как энергетический выход его монотонно падает, подтверждает ранее известные данные по росту энергетического выхода озона при малых токах коронного разряда [82].

Таким образом, производительность по озону озонирующего элемента (г/ч) измерением на его выходе концентраций озона известным стандартным озонметром или определяется по градуировочной кривой (рисунок 4), тогда как это энергетический выход находится расчетным путем через количество выработанного озона (г) на единицу затрачиваемой электроэнергии (кВт·ч). Отсюда следует, что снижение удельных энергозатрат (г/кВт·ч) необходимо при многозвенных и многомодульных соединениях озонирующих элементов с целью повышения суммарной производительности озона озонатором.

**Выводы.** Разработана автоматизированная установка для озонирования воздуха в помещениях агропромышленного комплекса. Приведены и описаны структурная и блок-схема блока автоматического управления концентрацией озона в рабочем объеме. Показана реальная возможность автоматизации контроля и управления концентраций озона при применении озонметров, установленных по всему периметру рабочего объема.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бахтаев Ш. А., Боканова А.А., Бочкарева Г.В., Сыдыкова Г.К. Физика и техника коронноразрядных приборов. – Алматы, 2007. – 279 с.
- [2] Бахтаев Ш.А., Сыдыкова Г.К., Ордабаев Б.Б., Коджабергенова А.К. Озонметр. Инновационный патент № 20581. 15.12.2008. Бюл. №12.
- [3] Инновационный патент KZ 20581. Устройство для автоматического контроля и регулирования концентраций озона в закрытом объеме // Бахтаев Ш.А., Тойгожинова А.Ж. и др. Опубл бюл. №6, 15.06.2015.

- [4] Алексеев А.Г., Войшвилло Г.В. Операционные усилители и их применение. – М.: Радио и связь, 1989. – 120 с.  
 [5] Шило В.Л. Популярные цифровые микросхемы. Справочник. – М.: Радио и связь, 1987. – 352 с.  
 [6] Яценков В.С. Микроконтроллеры Microchip. Практическое руководство. – 2-е изд. – М.: Горячая линия-Телеком, 2005. – 280 с.  
 [7] Интернет сайт – agro.tatar.ru/rus/file/pub/pub-37537.doc  
 [8] Moskvina S.M., Yukhymchuk M.S., Zhirnova O., Gromaszek K. (2015, December). Evaluation of the impact of uncontrolled parametric perturbations on stability of automatic systems with logical control units. In 16th Conference on Optical Fibers and Their Applications (pp. 98161X-98161X). International Society for Optics and Photonics.  
 [9] Kvyetnyy R.N., Sofina O.Y., Lozun A.V., Smolarz A., Zhirnova O. (2015, December). Modification of fractal coding algorithm by a combination of modern technologies and parallel computations. In 16th Conference on Optical Fibers and Their Applications (pp. 98161R-98161R). International Society for Optics and Photonics.

#### REFERENCES

- [1] Bahtaev S.A., Bokanova A.A., Bochkareva G.V., Sydykov G.K. Physics and Technology koronnorazryadnyh devices. Almaty, 2007. 279 p.  
 [2] Bahtaev Sh., Sydykov G.K., Ordabaev B.B., Kodzhabergenova A.K. Ozonometer. Innovative patent № 20581. 15.12.2008. Bull. № 12.  
 [3] The innovative patent KZ 20581. The device for the automatic control and regulation of ozone concentration in the enclosed space. // Bahtaev Sh.A., Toygozhinova A.Zh. et al. Publ Bull. №6, 15.06.2015.  
 [4] Alekseev A.G., Voyshvilo G.V. Operational amplifiers and their application. M.: Radio and Communications, 1989. 120 p.  
 [5] Shiloh V.L. Popular digital circuits. Directory. M.: Radio and Communications, 1987. 352 p.  
 [6] Yatsenko V.S. Microcontrollers Microchip. Practical rukovodstvo. 2nd izd. M.: Hotline Telecom, 2005. 280 p.  
 [7] Internet site - agro.tatar.ru/rus/file/pub/pub-37537.doc  
 [8] Moskvina S.M., Yukhymchuk M.S., Zhirnova O., Gromaszek K. (2015, December). Evaluation of the impact of uncontrolled parametric perturbations on stability of automatic systems with logical control units. In 16th Conference on Optical Fibers and Their Applications (pp. 98161X-98161X). International Society for Optics and Photonics.  
 [9] Kvyetnyy R.N., Sofina O.Y., Lozun A.V., Smolarz A., Zhirnova O. (2015, December). Modification of fractal coding algorithm by a combination of modern technologies and parallel computations. In 16th Conference on Optical Fibers and Their Applications (pp. 98161R-98161R). International Society for Optics and Photonics.

**Ш. А. Бахтаев<sup>1</sup>, А. Ж. Тойгожинова<sup>1</sup>, А. М. Сейтимбетов<sup>2</sup>, О. В. Жирнова<sup>3</sup>, А. А. Тилеубаева<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан,

<sup>2</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан,

<sup>3</sup>Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университетінің, Алматы, Қазақстан

#### **ЖҰМЫС ЖАСАУ АЙМАҒЫНДА АУАНЫ ОЗОНДАУҒА АРНАЛҒАН ҚҰРЫЛҒЫНЫ АВТОМАТТАНДЫРУДЫ ЖҮЗЕГЕ АСЫРУ**

**Аннотация.** Агроөнеркәсіптік кешенінің жайларында ауаны озондауға арналған автоматтандырылған құрылғы ұсынылып отыр. Құрылғының құрамдас бөлшектеріне, атқаратын қызметтеріне және оның процестеріне сипаттама берілген. Жиілікті автоматты реттеу блогының техникалық сипаттамасында электронды және басқарушы элементтер келтірілген. Осы жұмыс ауада МП теріс озонирование тәжіндегі физикалық және химиялық процестерді зерттеудің теориясы мен әдіснамасын оқуға бірінші талпыныс болып табылады. Жоғары энергия тиімділігі және озон өнімділігі озон Корона разрядты жаңа нұсқаулардың дамыту үшін алғы-шарттар жасауға мүмкіндік берді разряд осы түріне механизмі және озон электросинтез зерттеудің кинетика нәтижелері. өнеркәсіп, медицина және ауыл шаруашылығы түрлі секторларында озонды қолдану туралы мәліметтерді жүйелеу, айтарлықтай жалпы озон технологиясы қолдану аясын кеңейту.

**Түйін сөздер:** ауаны озондау, озон концентрациясы, жиілікті реттеу, ауаны озондауға арналған автоматтандырылған құрылғы.