

Автореферат
Д 69

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
им. М.В.ЛОМОНОСОВА

Для служебного пользования

экз. № 00092

На правах рукописи

ДОРОВСКИХ Виктор Иванович

УДК 537.56:621.3.078

УПРАВЛЕНИЕ ИОННЫМ СОСТАВОМ ВОЗДУХА В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ОБЪЕКТАХ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Специальность 05.13.07 – автоматизация технологических
процессов и производств (отрасли агропромышленного ком-
плекса)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата
технических наук

Одесса – 1989

ДСП. Исх. №	9	
Осн.	д. Прилож.	л.
" 12 " мая 1989 г.		

Работа выполнена в Одесском технологическом институте
пищевой промышленности им. М.В.Ломоносова

Научный руководитель: кандидат технических наук,
доцент Никульча И.П.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор Наремский Н.К.
кандидат технических наук,
доцент Медзенковский В.Б.

Ведущая организация ВНИЦ "Биотехника" (г. Одесса)

Защита состоится "30" июня 1989 в 12³⁰ часов
на заседании специализированного совета К 068.35.02
в Одесском технологическом институте пищевой про-
мышленности им. М.В.Ломоносова по адресу:
270039, г. Одесса, ул. Свердлова, 112.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
Одесского технологического института пищевой про-
мышленности им. М.В.Ломоносова

Автореферат разослан "23" мая 1989 г.

Ученый секретарь
специализированного совета
д.т.н., профессор

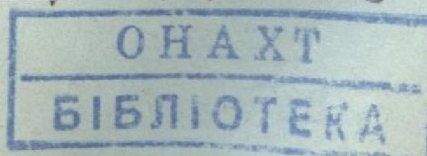
Л.И.Карнаушенко

ОНАХТ 24.09.10
Управление ионным со



v017879

017879



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. В "Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986-1990 годы и на период до 2000 года", принятых XXVII съездом КПСС, уделяется большое внимание дальнейшему развитию и интенсификации производств агропромышленного комплекса (АПК), улучшению качества продукции и увеличению ее выхода, усилению режима экономии, ускоренному осуществлению перехода к ресурсосберегающим и безотходным технологиям.

Применение электронно-ионной технологии (ЭИТ) и в частности использование легких ионов, позволяет в пищевой промышленности, в овощном подкомплексе АПК сократить продолжительность производственного цикла, снизить потери исходного сырья и готовой продукции при кратковременном хранении и перевозках, снизить энергозатраты на хранение, решить вопросы охраны труда, что дает возможность получать стандартный продукт при наименьших затратах и повышать уровень общественной производительности труда, являющимся критерием экономической эффективности производства. Таким образом, использование искусственно ионизированного воздуха, а следовательно и разрабатываемых для этого систем ионизации воздуха (СИБ), является фактором интенсификации производственных процессов, что обуславливает актуальность проблемы повышения эффективности их функционирования.

Объектом исследования в диссертационной работе являются СИБ различных классов, локальные АСР концентрацией легких аэроионов, а также производственные помещения, камеры, боксы, выступающие в качестве технологического объекта управления (ТОУ) ионным составом воздуха в них.

Цель работы заключается в разработке научно-обоснованных методов проектирования СИБ различных классов, повышении эффективности СИБ за счет использования оптимальных алгоритмов управления и методов расчета.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- получены математические модели поля коронного разряда коронирующих систем "ряд проводов между заземленными плоскостями" при симметричном и асимметричном их расположении;
- разработаны алгоритмы и программы расчета параметров поля указанных коронирующих систем, алгоритмы и программы синтеза оптимальных по точности СИБ с коронирующими проводами;

- получены математические модели статики и динамики помещения по управлению концентрацией униполярно и биполярно заряженных легких ионов, вносимых в ТОУ искусственно ионизированным воздухом;

- разработан метод определения структуры потоков воздуха по кривым разгона влагосодержания в помещении или его физической модели;

- разработаны программные модули идентификации турбулентных струй, зон идеального смешения как объекта управления ионным составом воздуха;

- получен статически оптимальный алгоритм управления концентрацией аэроионов для СИВ с принудительной подачей ионизированного воздуха в помещение;

- разработан метод управления ионным составом воздуха в вентилируемых, кондиционируемых помещениях;

На защиту выносятся следующее научное положение:

- аналитические методы исследования и синтеза высокоточных СИВ на базе коронирующих систем, устанавливаемых непосредственно в технологическом объекте, и СИВ с проточными ионизаторами для вентилируемых, кондиционируемых производственных помещений, камер.

Практическое значение и реализация работы

Практическое значение заключается в возможности получения для СИВ двух классов уточненных статических и динамических характеристик помещения (камеры) как ТОУ по всем каналам, необходимых для расчета управления с учетом распределенности регулируемых параметров и их взаимосвязанности. Разработанные алгоритмическое и программное обеспечение, оптимальные алгоритмы управления, структура оптимальной АСР концентрацией аэроионов составляют базу для проектирования СИВ, создания современных регуляторов и программного обеспечения АСУ ТП.

Полученные методы исследования и расчета, оптимальные алгоритмы управления, программные средства использовались при разработке СИВ для механизированных линий по производству биологических средств защиты растений на Беляевской биологической лаборатории Одесской области. Реальный экономический эффект составил 9 тыс.

руб. при затратах на НИР и КТС - 6 тыс. руб. Программные средства по синтезу СИВ внедрены в НПО "Агроприбор" г. Одессы.

Апробация работы. Материалы работы докладывались и обсуждались на Всесоюзных конференциях "Проблемы кибернетики в сельскохозяйственном производстве", г.Одесса, 1979 г., "III Всесоюзная конференция по применению электронно-ионной технологии в народном хозяйстве", г.Тбилиси, 1981 г., на Республиканском семинаре "Автоматический контроль тепловлагодержания газообразных сред и его использование в народном хозяйстве", г.Киев, 1980 г., семинарах "Кибернетика и автоматическое управление" научного Совета по проблеме "Кибернетика" АН УССР, г.Одесса, 1979 г., 1983 г. отчетных научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава и научных сотрудников ОТИШ им. М.В.Ломоносова, г.Одесса, 1979 - 1988 гг.

Публикация результатов. По результатам диссертации опубликовано 9 работ.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти разделов, основных выводов, библиографии из 148 наименований, приложений. Работа изложена на 132 страницах машинописного текста и содержит 64 рисунка, 14 таблиц, 5 приложений. Приложения с вспомогательными выводами, алгоритмами и программами содержат 73 страницы, включая расчет экономической эффективности и акты внедрения.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первом разделе анализируется применение ЭИТ и, в частности, легких униполярно и биполярно заряженных аэроионов в различных объектах АПК и других отраслях народного хозяйства. Рассматривается характеристика СИВ двух классов как управляемого объекта, анализируются существующие методы их описания, проектирования и управления ионным составом воздуха. На основании анализа влияния ионизированного воздуха на конечный результат функционирования ТП делается вывод о том, что критерию экономической эффективности СИВ соответствует критерий точности.

Обзор существующего состояния в области теории и практики управления СИВ выявил необходимость в решении следующих основных задач по разработке и исследованию:

- математических моделей КС, отвечающих требованиям применимости их в ТП;
- алгоритмов расчета параметров поля коронного разряда для конкретного типа КС и изучение влияния конструктивных и режимных параметров КС на распределение параметров поля в рабочей зоне обработки сырья, готового продукта;
- алгоритмов синтеза оптимальных СИВ с КС в соответствии с заданием на проектирование;
- методов учета пространственного распределения параметров воздуха (ПРПВ) в вентилируемых помещениях (камерах) при их математическом описании;
- статических и динамических моделей помещения по каналам управления концентрацией легких аэроионов;
- оптимальных алгоритмов управления концентрацией униполярных и биполярных аэроионов.

Во втором разделе исследуются математические модели СИВ на базе КС "симметричный ряд проводов между заземленными плоскостями", "асимметричный ряд проводов между заземленными плоскостями" (рис. 1, рис. 2). Рассматриваемый класс СИВ характерен возможностью аналитического описания КС, что позволяет уже на стадии проектирования принять обоснованные решения по определению конструктивных и режимных параметров СИВ, обеспечивающих в рабочей зоне заданные значения плотности объемного заряда и заданную точность ее поддержания. Задача свелась к получению математического описания поля униполярного коронного разряда указанных выше коронирующих систем, изучению влияния на распределение параметров поля конструктивных и режимных параметров.

Указанная задача решена путем использования метода Дейча-Попкова, а аналитические зависимости для напряженности E_2 , плотности объемного заряда ρ , концентрации легких аэроионов в виде:

$$E_1 = \frac{\pi U}{2a \left(\frac{\pi h}{2a} - \ln \frac{\pi z_0}{a} \right)} \cdot \frac{\sqrt{\sin^2(\pi x/a) + \operatorname{sh}^2(\pi y/a)}}{\left(\operatorname{ch} \frac{\pi y}{a} - \cos \frac{\pi x}{a} \right)}, \quad (1)$$

$$E_2 = \frac{\sqrt{\sin^2(\pi x/a) + \operatorname{sh}^2(\pi y/a)}}{\left(\operatorname{ch} \frac{\pi y}{a} - \cos \frac{\pi x}{a} \right)} \cdot \sqrt{\frac{j_{02} \cdot z_0}{k \cdot \epsilon_0} \ln \frac{(1-c^2) + (1+c^2) \cdot \operatorname{ch}(\pi y/a)}{(1-c^2) + (1+c^2) \cdot \operatorname{ch}(\pi y_0/a)} + \left(\frac{\pi E_0 z_0}{2a} \right)^2}, \quad (2)$$

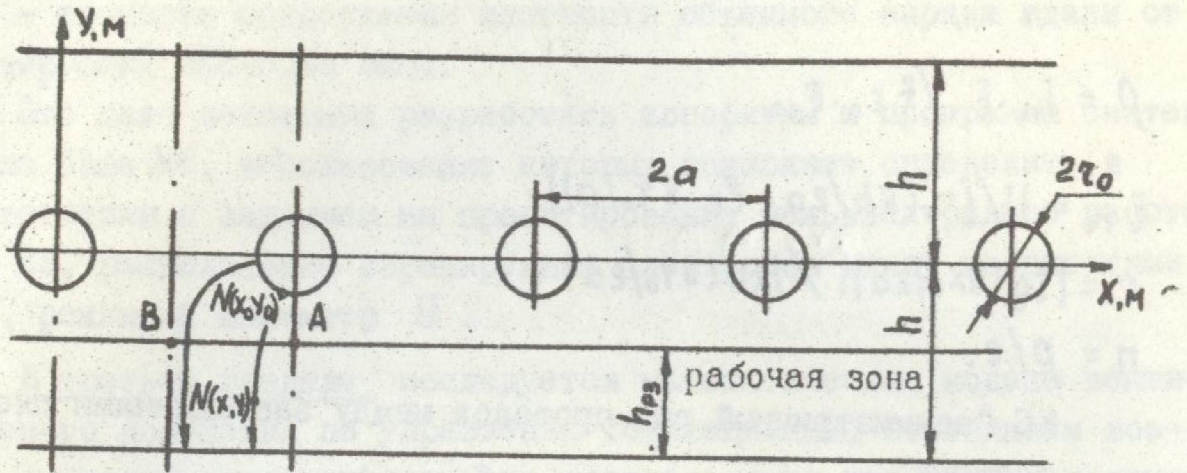


Рис. 1. Система электродов "симметричный ряд проводов между заземленными плоскостями".

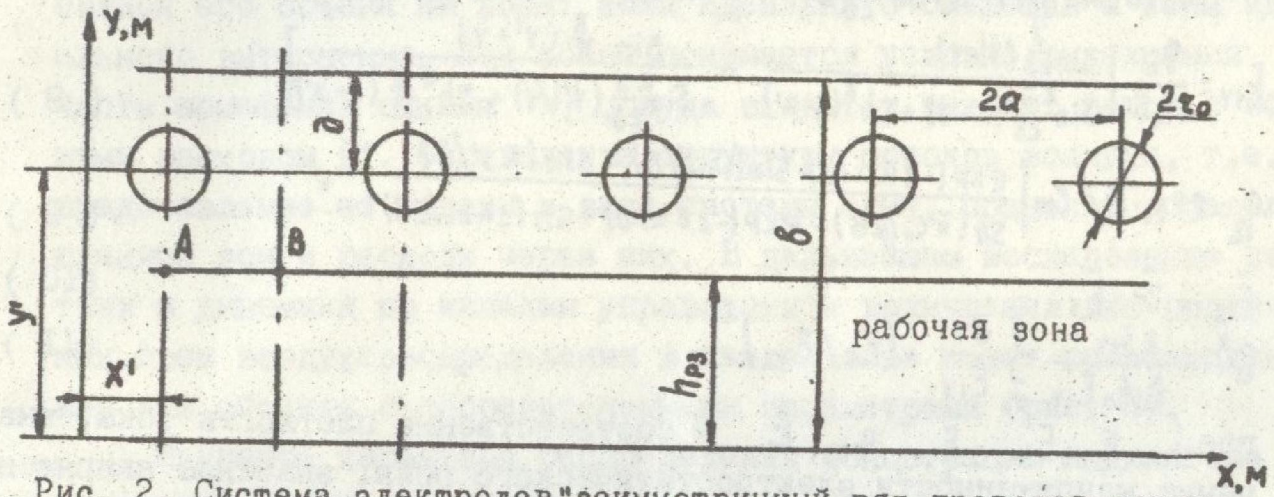


Рис. 2. Система электродов "асимметричный ряд проводов между заземленными плоскостями".

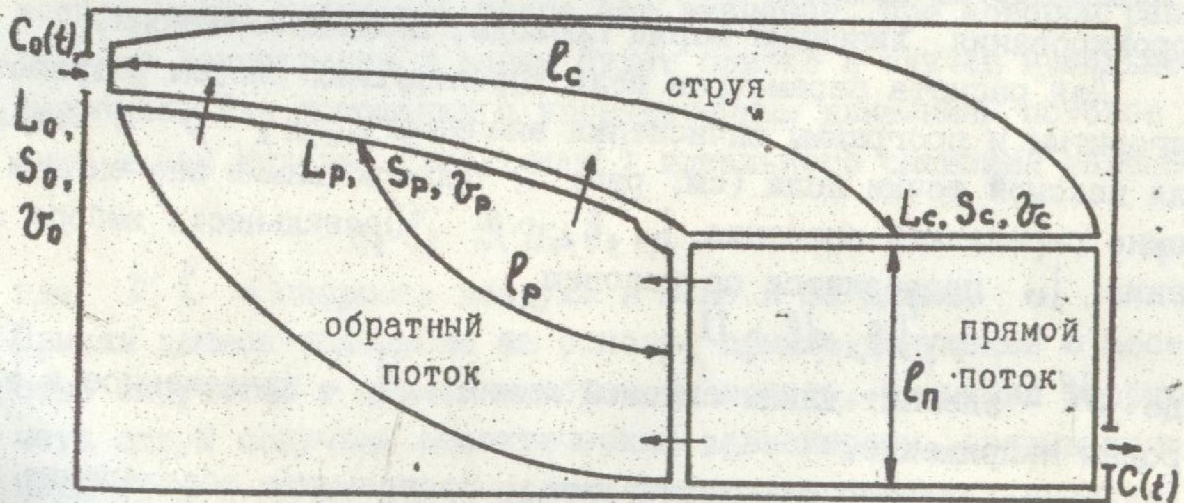


Рис. 3. Схема циркуляции воздуха в вентилируемом помещении.

$C(t)$ - текущая концентрация; L - объемный расход воздуха; S - площадь сечения; v - скорость воздуха.

$$\rho = j_{0z} \cdot E_1 / k E_2 \cdot E_{1z} \quad (3)$$

$$E_{1z} = U / [\tau_0 (\bar{n} h / 2a - \ln \bar{n} \tau_0 / a)] \quad (4)$$

$$c = |\operatorname{tg}(\bar{n} x_0 / 2a)| / |\operatorname{th}(\bar{n} y_0 / 2a)| \quad (5)$$

$$n = \rho / e \quad (6)$$

КС "асимметричный ряд проводов между заземленными плоскостями"

$$E_{1x} = \frac{q_L}{8\epsilon_0 B} \left[\frac{\operatorname{sh} \frac{\bar{n}}{2B} (x-x')}{\operatorname{Sin}^2 \frac{\bar{n}}{2B} (y'-y) + \operatorname{sh}^2 \frac{\bar{n}}{2B} (x-x')} - \frac{\operatorname{sh} \frac{\bar{n}}{2B} (x-x')}{\operatorname{Sin}^2 \frac{\bar{n}}{2B} (y'+y) + \operatorname{sh}^2 \frac{\bar{n}}{2B} (x-x')} \right] \quad (7)$$

$$E_{1y} = \frac{q_L}{8\epsilon_0 B} \left[\frac{\operatorname{Sin} \frac{\bar{n}}{2B} (y'-y)}{\operatorname{Sin}^2 \frac{\bar{n}}{2B} (y'-y) + \operatorname{sh}^2 \frac{\bar{n}}{2B} (x-x')} + \frac{\operatorname{Sin} \frac{\bar{n}}{2B} (y'+y)}{\operatorname{Sin}^2 \frac{\bar{n}}{2B} (y'+y) + \operatorname{sh}^2 \frac{\bar{n}}{2B} (x-x')} \right] \quad (8)$$

$$q_L = 2\pi\epsilon_0 U / \ln \left| \frac{\exp(-2\pi a/B) \cdot \operatorname{Sin}(3\pi y'/B) - \operatorname{Sin}(\pi y'/B)}{\operatorname{sh}(\pi \tau_0 / 2B) - \exp(-2\pi a/B) \cdot \operatorname{sh}(3\pi \tau_0 / 2B)} \right| \quad (9)$$

$$\bar{E}_2 = \bar{\sigma} \cdot \bar{E}_1 \quad (10)$$

$$\bar{\sigma}^2 = \frac{2j_{0z}}{k \epsilon_0 E_{1z}} \int_{y_0}^y \frac{dy}{E_{1y}} + (E_0 / E_{1z})^2 \quad (11)$$

где j_{0z} , E_1 , E_{1z} , E_0 , q_L , k - соответственно плотности тока, значение напряженности электростатического поля, значение напряженности электростатического поля в точке пересечения силовой линии с поверхностью провода (x_0, y_0) , значение начальной напряженности коронирования, линейный заряд провода, подвижность иона.

Для расчета параметров поля коронирующих систем разработаны алгоритмы и программы вычисления значений j_{0z} , E_2 , ρ . Задаваясь для искомой точки поля (см. рис. I) произвольными значениями j_{0z} , можно определить значения E_2 , ρ . Правильность выбора значения j_{0z} проверяется по условию

$$\int_{z_0}^z E_2 \cdot dl = U \quad (12)$$

где dl - элемент длины силовой линии, U - приложенное к электродам напряжение.

Разработанное математическое, программное обеспечение позволило изучить характер распределения параметров поля КС и выявить следующие закономерности:

- изменение неравномерности распределения $\beta = \rho_B / \rho_A$ от U при прочих условиях незначительно;
- влияние конструктивного параметра $2a$ на β проявляется в

большой степени;

- точность поддержания плотности объемного заряда вдали от коронирующих проводов выше.

Это дало основание разработать алгоритмы и программы синтеза СИВ на базе КС, использование которых позволяет определить в соответствии с заданием на проектирование межэлектродное расстояние $2a$, расположение коронирующих электродов между плоскостями u' , режимный параметр U .

В третьем разделе исследуется математическая модель вентилируемого помещения по управлению ионизационным состоянием воздуха с учетом пространственного распределения параметров воздуха /ПРПВ/ в нем. ПРПВ в вентилируемом помещении описывается разбивкой его объема на зоны: зоны идеального смешения и зоны идеального вытеснения. Под зоной понимается условно выделенная часть помещения объема V_i , куда входит и выходит поток с объемным расходом l_i . Определение структуры потоков воздуха, т.е. представление ее модели в виде системы зоны, позволит определить границы зон и расходы через них. В дальнейшем исследование статистики и динамики по каналам управления и возмущения для различных схем воздухораспределения в каждой зоне может производиться как для объекта с сосредоточенными параметрами (рис. 3).

Изучение характера распределения концентрации индикатора в зонах идеального смешения показывает, что идеальное смешение определяется критерием Пекле ($Pe = v \cdot l / D_m$). Следовательно всегда можно подобрать такое его значение, при котором распределение концентрации в зонах будет близко к случаю идеального смешения. Для помещения с упорядоченным движением потоков воздуха в нем условие ($Pe = const$) идеального смешения запишется

$$v_1 \cdot l_1 \approx v_2 \cdot l_2 \quad (13)$$

где v, l - скорость воздуха в зоне и ее длина.

Приняв данное положение за основу, приняв допущение о постоянстве скоростей в прямом и обратном потоке, применив теорию расчета струй получены аналитические зависимости, связывающие размеры элементарных зон в прямом и обратном потоках воздуха.

Элементарная зона идеального смешения имеет форму куба со стороной l_{zp}, l_{zr} в прямом и обратном потоках (см. рис. 3)

$$\ell_{\text{ЭП}} = \ell_{\text{ЭП}} \left[\frac{0,2 \ell_c (1,56R + R^2)}{\sqrt{S_0} (1-R)} + \frac{0,5}{1-R} \right], \quad R = L_0 / L_c, \quad (14)$$

$$\ell_c = (v_0 / v_c) \cdot \bar{m} \sqrt{S_0} - 0,302 \bar{m} \sqrt{S_0}, \quad L_c = L_0 \left(\frac{2,1 \cdot \ell_c}{\bar{m} \sqrt{S_0}} + 0,632 \right), \quad (15)$$

$$S_c = 46,24 \cdot S_0 \left(\frac{0,48}{\bar{m} \sqrt{S_0}} \cdot \ell_c + 0,145 \right)^2, \quad S_p = \sqrt{S_0} \cdot \ell_c \left(\frac{1,632}{\bar{m} \sqrt{S_0}} \cdot \ell_c + 0,9 \right) + 0,5 S_c, \quad (16)$$

$$\sigma_p = \frac{\sqrt{S_0} (1-R) \cdot v_p}{0,2 \cdot \ell_c (1,56R + R^2) + 0,5 \sqrt{S_0}}, \quad \tau_c = \ell_c^2 / 2 v_0 \bar{m} \sqrt{S_0}, \quad (17)$$

где \bar{m} - коэффициент, характеризующий степень расширения струи. В зависимости от площади струи S_c в первичном потоке размещаются $\hat{n} = S_c / \ell_{\text{ЭП}}^2$ элементарных зон, а их число по ходу воздуха в потоке - $m = \ell_p / \ell_{\text{ЭП}}$. Число элементарных зон в обратном потоке - $n = \ell_p / \ell_{\text{ЭП}}$, а постоянные времени зон прямого и обратного потоков вычисляются по зависимостям:

$$T_n = (S_c \cdot \ell_{\text{ЭП}}) / L_c, \quad T_p = (S_p \cdot \ell_{\text{ЭП}}) / L_p. \quad (18)$$

Тогда передаточная функция структурной схемы комбинированной модели смешения примет вида:

$$W_c(p) = R \cdot e^{-\tau_c \cdot p} \cdot (T_p \cdot p + 1)^n / [(T_n \cdot p + 1)^m \cdot (T_p \cdot p + 1)^n + R - 1]. \quad (19)$$

Количественная оценка ПРПВ сводится к получению переходной функции концентрации индикатора в уходящем потоке при скачке ее во входящем и аппроксимации ее передаточной функцией (19) на АВМ путем изменения параметра $\ell_{\text{ЭП}}$. В качестве индикатора принимались пары воды, а переходная функция по влажосодержанию определялась посредством мокрого термометра на физической модели.

Для осесимметричной затопленной круглой струи на основании закона сохранения зарядов на участке и использования закона сохранения суммарного количества движения вещества в струе при определении скорости воздуха в сечениях получена система дифференциальных уравнений, описывающих распределение плотности объемного заряда в сечениях при различных начальных значениях коэффициента униполярности ψ_0 и для различных участков струи.

$$\begin{cases} d\rho_1/dx + a_1 \rho_1^2 + a_2 \rho_1 + a_3 \rho_1 \cdot \rho_2 = 0 \\ d\rho_2/dx + a_4 \rho_2 + a_5 \rho_1 \cdot \rho_2 = 0 \end{cases} \quad \text{для } \psi_0 < 1 \quad (20)$$

начальный участок

$$a_1 = (\beta_1 / e) \cdot B \cdot A \cdot x (A \cdot x + 2) / 2 v_0 (\sqrt{Q} - 1), \quad (21)$$

$$a_2 = \frac{A \cdot B \cdot (A \cdot x + 1)}{\sqrt{Q} (\sqrt{Q} - 1)} - \frac{2}{x (A \cdot x + 1) (A \cdot x + 2)} + \frac{B \cdot A \cdot x (A \cdot x + 2)}{2 v_0 (\sqrt{Q} - 1)} \left(\frac{1}{v_{01}} \cdot N + \frac{2}{e} \rho_{N2} \right), \quad (22)$$

$$a_3 = (d - \beta_1) / 2 \cdot B \cdot A \cdot x (A \cdot x + 2) / 2 v_0 (\sqrt{Q} - 1), \quad (23)$$

$$a_4 = \frac{A \cdot B (A \cdot x + 1)}{\sqrt{Q} (\sqrt{Q} - 1)} - \frac{2}{x (A \cdot x + 1) (A \cdot x + 2)} + \frac{B \cdot A \cdot x (A \cdot x + 2)}{2 v_0 (\sqrt{Q} - 1)} (\eta_{02} \cdot N + \frac{\eta_2}{e} \cdot \rho_{N1}), \quad (24)$$

$$a_5 = (d/e) \cdot B \cdot A \cdot x (A \cdot x + 2) / 2 \cdot v_0 (\sqrt{Q} - 1), \quad (25)$$

$$B = 4 \gamma / \gamma_0, \quad A = 3,264 / \bar{m} \sqrt{S_0}, \quad \sqrt{Q} = \sqrt{B \cdot A \cdot x (A \cdot x + 2) + 1}, \quad (26)$$

вненачальный участок

$$a_1 = \frac{\beta_1}{e} \cdot \frac{(\sqrt{G} + 1)}{2 v_0}, \quad a_3 = \frac{(d - \beta_1)}{e} \cdot \frac{(\sqrt{G} + 1)}{2 \cdot v_0}, \quad a_5 = \frac{d}{e} \cdot \frac{(\sqrt{G} + 1)}{2 v_0}, \quad (27)$$

$$a_2 = - \frac{46,24 \cdot B \cdot A_1 (A_1 \cdot x + 0,145)}{\sqrt{G} (\sqrt{G} + 1)} + \frac{2 A_1}{(A_1 \cdot x + 0,145)} + \frac{(\sqrt{G} + 1)}{2 v_0} [\eta_{01} \cdot N + (\eta_1 / e) \cdot \rho_{N2}], \quad (28)$$

$$a_4 = - \frac{46,24 \cdot B \cdot A_1 (A_1 \cdot x + 0,145)}{\sqrt{G} (\sqrt{G} + 1)} + \frac{2 A_1}{(A_1 \cdot x + 0,145)} + \frac{(\sqrt{G} + 1)}{2 v_0} [\eta_{02} \cdot N + (\eta_2 / e) \cdot \rho_{N1}], \quad (29)$$

$$A_1 = 0,48 / \bar{m} \sqrt{S_0}, \quad \sqrt{G} = \sqrt{B [46,24 (A_1 \cdot x + 0,145)^2 - 1] + 1} \quad (30)$$

где ρ_1, ρ_2 - плотность объемного заряда отрицательных и положительных легких ионов; ρ_{N1}, ρ_{N2} - соответственно тяжелых ионов; d, β_1 - коэффициенты рекомбинации, рассеяния отрицательных легких ионов; η_1, η_2 - коэффициенты рекомбинации легких ионов с тяжелыми; η_{01}, η_{02} - коэффициенты рекомбинации легких ионов с нейтральными частицами; γ, γ_0 - плотность воздуха, подмешиваемого к струе и в начальном сечении.

Аналогично получено описание для струй, настилающихся на ограждения, без учета и с учетом зарядов, вносимых в струе рециркуляционными потоками. Разработаны модели статики и динамики для зон идеального мешения, что в совокупности с программными модулями идентификаций струй, зон позволило изучить помещение как ТОУ по каналам управления, возмущения.

В четвертом разделе разрабатывается структура АСР двумя связанными через объект управления параметрами (n_1, n_2 - концентрации отрицательных и положительных ионов), разрабатываются оптимальные законы управления и проводятся их исследования.

Достаточно полное значение свойств вентилируемого помещения по всем каналам воздействия дало основание остановиться по построению комбинированной АСР концентрацией аэроионов. Расширенная структурно-параметрическая схема АСР приведена на рис. 4. Выполнение требования автономности регулируемых величин свелось к определению передаточных функций устройств внешних связей $[W_{\partial,2}(p),$

$W_{\partial,1}(p)]$. Передаточные функции по основным и перекрестным каналам определялись в результате имитационного моделирования помещения как ТОУ. Передаточные функции по каналам воз -

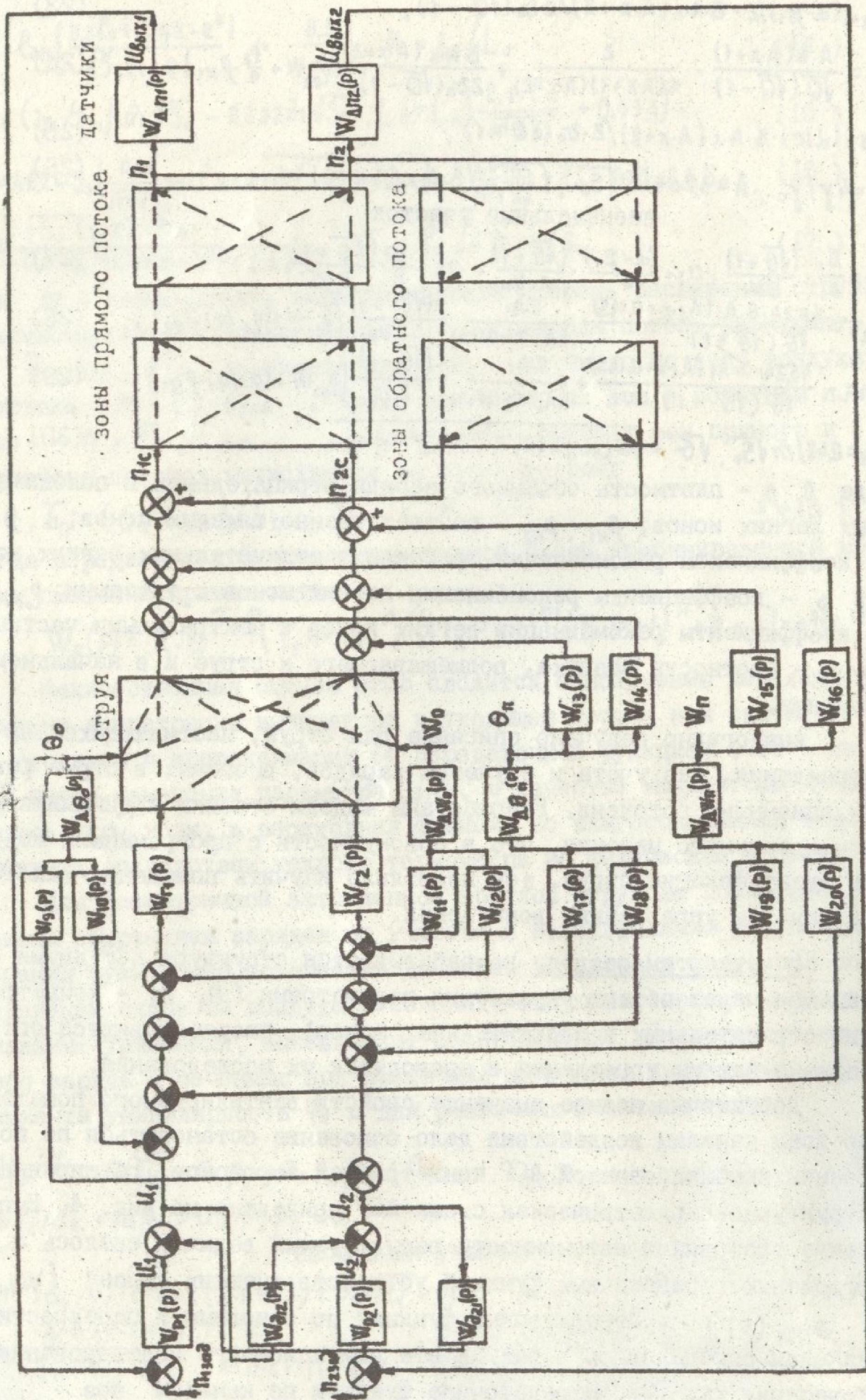


Рис. 4. Расширенная структурно-параметрическая схема комбинированной системы управления концентрацией ионов для СИБ с проточными ионизаторами.

мушения, с целью синтеза компенсаторов, определялись относительно точки в конце струи, так как именно в ней сказывается изменение концентрации n_1, n_2 от воздействий со стороны управляющего тепловлажностного (θ_0, W_0) и возмущающего тепловлажностного (θ_n, W_n) полей в вентилируемом помещении.

Синтез оптимальной структуры регуляторов в основных контурах вызван наличием нелинейных звеньев типа "насыщение" $[W_{r1}(p), W_{r2}(p)]$ наличием неконтролируемых возмущений типа "белый шум", вызванных функционированием генераторов $[W_{r1}(p), W_{r2}(p)]$; наличием помех при измерении полезного сигнала. Поиск оптимальной структуры регуляторов $[W_{p1}(p), W_{p2}(p)]$ в основных контурах производился в классе линейных систем. В качестве критерия оптимизации выступал функционал потерь, минимизирующий сумму дисперсий выходной и управляющей величин.

$$J = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T (u_{вых}^2 + \lambda_0 u_i^2) dt = \bar{m}^2 \langle u_{вых}^2 \rangle + \langle u_i^2 \rangle, \quad (31)$$

где $\lambda_0 = 1/\bar{m}^2 \geq 0$ - множитель Лагранжа.

Структурный синтез выполнен для объекта второго порядка. Передаточная функция оптимального регулятора получена в виде:

$$W_{p1}(p) = \bar{K}_1 (T_1 p + 1) (T_2 p + 1) / [\bar{K}_2 (1 + T_3 p)^2 (1 + T_4 p)^2 - \bar{K}_3], \quad (32)$$

$$\bar{K}_1 = \bar{m}^2 \cdot K_{r1} \cdot K_1 \cdot K_{\Delta n1} (1 - \sqrt{1 + K_1^2 \cdot K_{\Delta n1}^2}) / (1 - \sqrt{1 + \bar{m}^2 \cdot K_{r1}^2 \cdot K_1^2 \cdot K_{\Delta n1}^2}), \quad (33)$$

$$\bar{K}_2 = \sqrt{(1 + K_1^2 \cdot K_{\Delta n1}^2) (1 + \bar{m}^2 \cdot K_{r1}^2 \cdot K_1^2 \cdot K_{\Delta n1}^2)}, \quad (34)$$

$$\bar{K}_3 = K_{r1}^2 \cdot K_1^2 \cdot K_{\Delta n1}^2 \cdot \bar{m}^2 (1 - \sqrt{1 + K_1^2 \cdot K_{\Delta n1}^2}) / (1 - \sqrt{1 + \bar{m}^2 \cdot K_{r1}^2 \cdot K_1^2 \cdot K_{\Delta n1}^2}), \quad (35)$$

$$T_3 = (\sqrt{T_1^2 + T_2^2 + 2T_1 T_2 \sqrt{1 + K_1^2 \cdot K_{\Delta n1}^2}} + \sqrt{T_1^2 + T_2^2 - 2T_1 T_2 \sqrt{1 + K_1^2 \cdot K_{\Delta n1}^2}}) / 2 \sqrt{1 + K_1^2 \cdot K_{\Delta n1}^2}, \quad (36)$$

$$T_4 = (\sqrt{T_1^2 + T_2^2 + 2T_1 T_2 \sqrt{1 + \bar{m}^2 \cdot K_{r1}^2 \cdot K_1^2 \cdot K_{\Delta n1}^2}} + \sqrt{T_1^2 + T_2^2 - 2T_1 T_2 \sqrt{1 + \bar{m}^2 \cdot K_{r1}^2 \cdot K_1^2 \cdot K_{\Delta n1}^2}}) / 2 \sqrt{1 + \bar{m}^2 \cdot K_{r1}^2 \cdot K_1^2 \cdot K_{\Delta n1}^2}. \quad (37)$$

Полученная оптимальная структура АСР исследовалась на качество и устойчивость. В качестве сравнительных при моделировании выступали типовые структуры линейных регуляторов. Моделирование подтвердило преимущество синтезированной структуры при наличии и отсутствии ограничения на управление.

В пятом разделе приводится пример практического применения регуляторов, теоретических разработок, методик, программных средств при проектировании оптимальных по точности СИБ обоих классов для механизированной линии по производству биологических средств защиты растений. Анализируются результаты исследования влияния ионизированного воздуха на жизнедеятельность ситотроги, трихог-

раммы при их искусственном, массовом разведении.

Экспериментальные динамические характеристики климатической камеры по концентрации легких аэрионов подтвердили адекватность предложенных моделей. Использование АСР с оптимальными законами позволило снизить дисперсию ошибки в 3-4 раза по отношению к типовым законам регулирования. Управляющая часть оптимальной АСР в полном объеме была реализована в виде отдельного технического устройства, система автоматизированного управления параметрами микроклимата в камере - на локальных технических средствах автоматизации.

Положительный эффект от использования оптимальных по точности СИБ выразилась в увеличении производственной мощности механизированной линии на 20%.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Интенсификация производств АПК, в том числе и производств пищевой отрасли, связана с использованием новых технологий, к которым относится электронно-ионная технология, основой которой являются автоматизированные системы ионизации воздуха различных классов, обеспечивающие с высокой точностью заданные технологические режимы обработки ионизированным воздухом сырья, готовой продукции. Критерию экономической эффективности АСР концентрации легких биполярно заряженных ионов соответствует критерий точности.

2. Для КС "ряд проводов между заземленными плоскостями" при симметричном и асимметричном их расположении получено математическое описание, изучено распределение параметров поля в рабочей зоне и влияния на характер распределения конструктивных и режимных параметров КС, разработано алгоритмическое и программное обеспечение для синтеза СИБ на базе КС.

3. СИБ с принудительной вентиляцией, как ТОУ, обладает переменной структурой, характеризуется распределенностью и взаимосвязанностью возмущающих и регулируемых параметров, что потребовало разработки метода учета ПРПВ в вентилируемом ТО, базирующегося на определении аэродинамической структуры потоков воздуха и математическом описании ее единой для всех схем воздухораспределения моделью циркуляционного типа; разработки для выделенных в структуре потоков зон идеального вытеснения, смешения математи-

ческого, алгоритмического, программного обеспечения с целью идентификации их как подобъектов с сосредоточенными параметрами.

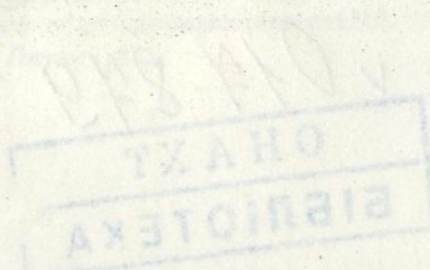
4. Имитационное и физическое моделирование разомкнутой СИБ с принудительной вентиляцией по динамике концентрации биполярно заряженных аэроионов позволило количественно и качественно оценивать действие возмущающих факторов; позволило для автономных контуров обосновать критерий оптимальности и в конечном итоге - определить структуру АСР.

5. Необходимость выполнения структурного синтеза для автономных контуров АСР вызвана возможностью изменения структуры объекта управления при работе с коэффициентом униполярности близким к единице. Полученная структура оптимального линейного регулятора позволяет уменьшить дисперсии регулируемых величин в 3-4 раза по сравнению с типовыми при наличии ограничений на управление и действии возмущений типа "белый шум".

6. Проверка на адекватность ММ СИБ на базе КС, ММ СИБ с принудительной вентиляцией подтвердила правомочность предложенных методов описания и синтеза оптимальных по точности СИБ двух классов.

7. Внедрение разработанных СИБ обоих классов в агрегатах механизированной линии по производству биологических средств защиты растений, опытная эксплуатация программного средства по синтезу оптимальной СИБ на базе КС в ОСКПТБ НПО "Агроприбор", проведенное на их базе исследования по влиянию ионизированного воздуха на биосырье позволили определить оптимальные режимы его обработки, что сказалось на увеличении объема производимой готовой продукции (трихограммы) и дало годовой экономический эффект в размере 9 тыс. руб.

8. Разработанные математические модели СИБ на базе КС, полная структура управляющей системы СИБ с принудительной вентиляцией с квазиоптимальными законами регулирования в автономных контурах управления концентрацией биполярно заряженных легких ионов, а также методики расчета СИБ различных классов возможно использовать как при разработке локальных технических средств автоматизации, так и при программном обеспечении ЭВМ в составе АСУ ТП производств АПК при условии экономической целесообразности внедрения разработок.



Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

1. Никульча И.П., Доровских В.И., Применение ионизированного воздуха в сельском хозяйстве и расчет его параметров на ЭЕМ // Тез. докл. Всесоюз. конф.: Проблемы кибернетики в сельскохозяйственном производстве". 18-20 сен. 1979. - Одесса, 1979. с.62-63.
2. Никульча И.П., Доровских В.И., Беспалов И.Н. Распределение плотности объемного заряда в турбулентной струе. // Электронная обработка материалов. - 1980. - №1. - с.71-73.
3. Никульча И.П., Доровских В.И. Расчет и исследование поля коронного разряда для системы электродов ряд проводов между плоскостями // Электронная обработка материалов. - 1980. - №2. с.47-50.
4. Доровских В.И., Беспалов И.Н., Антонов А.Б. Расчет систем ионизации воздуха в помещениях с помощью коронирующих проводов // Тез. докл. III Всесоюз. конф. "Применение электронно-ионной технологии в народном хозяйстве. 25-27 ноября 1981. - Тбилиси, 1981. с.172-173.
5. Доровских В.И. Синтез систем ионизации воздуха с коронирующими проводами. - Одесса, 1984. - 14 с. - Деп. в Укр НИИТИ 01.03.84, № 373 Ук - Д 84.
6. Доровских В.И. Метод учета пространственного распределения параметров воздуха при составлении математической модели помещения // Моделирование и оптимизация управления технологическими процессами в пищевой промышленности: Сб. науч. работ. - Краснодар, 1984. - с.34-40 (Краснодарский политехнический институт).
7. Беспалов И.Н., Доровских В.И. Система ионизации воздуха в агрегатах механизированных линий по разведению трихограммы и ситотроги // Сельскохозяйственное приборостроение; Информ. бюл. - 1984. - 1984. - № 2 (37). - с.70-76. (Для служеб.пользования).
8. Доровских В.И., Никульча И.П. Математическая модель помещения по ионизационному состоянию воздуха. - Одесса. - 1987, - 73 с. - Деп. в УкрНИИТИ 09.04.87, № 1176 - Ук 87.
9. Платонов П.Н., Доровских В.И., Шаповаленко Б.А. Программа расчета систем ионизации воздуха с коронирующими проводами; № гр. 50870001257 // Алгоритмы и программы; Информ. бюл. - 1988. № 3.

