

этого применения электрофизического метода защиты растений не нарушает экологического равновесия и экологической обстановки в массивах промышленного сада.

### **Литература**

1. Косогорова Э.А. Защита плодово-ягодных культур от вредителей и болезней: учеб. пособие. – Тюмень: Изд-во Тюмен. гос. с.-х. академии, 2003. – С. 264.
2. Экологизированная защита растений в овощеводстве, садоводстве и виноградорстве: учеб.-метод. пособие. – Кн. 2. – СПб.–Пушкин, 2005. – С. 509.
3. Механизация и электрификация сельскохозяйственного производства / В.М. Баутин [и др.]. – М.: Колос, 2000. – 356 с.
4. Беленов В.Н. Электрооптический преобразователь для защиты садовых растений от болезней и насекомых-вредителей: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Зерноград, 2005.
5. А.с. 507287 СССР. МКИ А 01 М 1/08. Ловушка для насекомых / Мухин Ю.П. Опубл. в Б.И. – 1987. – №11.
6. А.с.1715272 СССР. МКИ А 01 К 67/00. Электрический дезинсектор/ Мухин Ю.П. Опубл. в Б.И. – 1980. – № 25.
7. Газалов С.В., Жогалев А.П. Анализ существующих методов борьбы с насекомыми-вредителями и электрооптических установок / Азово-Черномор. гос. агрониж. акад. – Зерноград, 1998. – Деп. в ВНИТИ 05.02.98., №3347 – В98.



УДК 664.951.3

*Ю.Н. Варфоломеев, А.Г. Возмилов,  
Н.И. Смолин, Д.О. Суринский*

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННО-ИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ОЧИСТКЕ ДИСПЕРСНОЙ ФАЗЫ КОПТИЛЬНОГО ДЫМА**

*Представлены состав коптильного дыма, основные способы его очистки и перспективы использования электронно-ионной технологии.*

**Ключевые слова:** электрокопчение, полициклические ароматические углеводы, дымогенерация, электрическое поле, рыба.

*Yu.N. Varfolomeyev, A.G. Vozmilov,  
N.I. Smolin, D.O. Surinsky*

### **THE ELECTRONIC AND ION TECHNOLOGY USE WHILE CLEANING THE SMOKING FUME DISPERSED PHASE**

*The structure of the smoking fume, the main ways of its cleaning and the electronic and ion technology usage prospects are presented.*

**Key words:** electric smoking, polycyclic aromatic carbohydrates, fume generation, electric field, fish.

---

**Введение.** Химический состав коптильного дыма, а также его конденсатов полностью не исследован. На сегодняшний день идентифицировано около 300 соединений, тогда как в коптильном дыме их находится порядка 10 000, причем некоторые, присутствуя в микролитериях, играют важную роль в формировании эффектов копчения.

В коптильном конденсате обнаружено 288 соединений, причем только 68 – в копченом пищевом продукте. Это свидетельствует о чрезвычайно высокой реакционной способности основных коптильных компонентов, реагирующих с веществами продукта: спиртов, кетонов, кетоспиртов, альдегидов, кислот, эфи-

ров. Наблюдения последних 200 лет показали, что люди, вынужденные по роду своей деятельности соприкасаться со смолой и сажей, часто болеют тяжелыми онкологическими заболеваниями (например, трубочисты). Исследования, проведенные в Исландии в начале века, также указывают на то, что заболеваемость раком в этой стране и в Норвегии, где традиционными являлись заготовки сельди домашнего копчения на зиму, в 2,5–3 раза выше, чем в других странах. Это воздействие приписывают группе полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), в большом количестве содержащихся в смоле и саже. В процессе копчения ПАУ попадают на поверхность и внутрь продукта и там могут изменить свою природу путем взаимодействия с продуктом. В течение последних 100 лет ученые всего мира пристально исследуют ПАУ и предлагают различные методы защиты копченых продуктов от загрязнения ими.

**Цель исследования** – повышение качества при копчении сельскохозяйственных продуктов путем использования технических средств электрокопчения на основе электронно-ионной технологии (ЭИТ).

### **Задачи исследования:**

1. Теоретически изучить состав коптильного дыма, содержание ПАУ в дисперсной фазе.
2. Изучить существующие методы очистки дыма.
3. Обосновать конструкцию аппарата электрокопчения с предварительной электроочисткой коптильного дыма, получить аналитическую зависимость распределения напряженности электрического поля по длине продукта.

### **Метод исследования** – аналитический.

**Химический состав коптильного дыма.** В коптильном дыме идентифицировано 47 видов ПАУ, однако имеется около 200 соединений подобного типа. В самих пищевых продуктах (мясе, рыбе) можно обнаружить около 20 видов ПАУ. Опыты показали, что не все ПАУ обладают канцерогенными или мутагенными свойствами. Одним из самых канцерогенных является бензо(а)пирен, который в старой номенклатуре характеризуется как 3,4-бензо(а)пирен. Канцерогенность продукции устанавливают по нему, так как аналитически это вещество относительно просто определить. В выкопченных продуктах содержание бензо(а)пирена составляет от 0 до 500 мкг/кг.

Нормативы на количественный уровень ПАУ в отечественных стандартах совпадают с требованиями западных стран. Например, верхняя граница содержания 3,4-бензо(а)пирена в копченых продуктах не должна превышать 1 мкг/кг. Считается, что ниже этого предела канцерогенные и мутагенные свойства ПАУ не проявляются.

ПАУ образуются в коптильном дыме практически из всех органических субстанций при недостаточной подаче кислорода в результате реакций циклизации, дегидрирования, конденсации при температуре более 400 °С. Вероятность их образования особенно высока в случае нерегулируемого горения древесины, когда температура в дыме достигает 1000 °С и выше.

Н.Д. Горелова и П.П. Дикун установили, что бензо(а)пирен присутствует в коптильном дыме при всех условиях дымогенерации (от 2,3–4,8 до 5,2 мкг/м<sup>3</sup>), в соскобе со стен камер для копчения рыбы (в 1 г соскоба от 1 до 10 мкг), в мышечных тканях копченой рыбы (от 3,3 до 6,7 мкг/кг), в копченых колбасах (от 1,9 до 10,5 мкг/кг). Л.М. Шабад отмечает, что заболеваемость раком среди работников предприятий коптильных производств мясной и рыбной отраслей выше, чем среди работников молочной промышленности.

По данным немецких исследователей (Б. Шобер), рыба холодного и горячего копчения имеет примерно одинаковый уровень содержания ПАУ в мышечных тканях (1–3 мкг/кг) и коже (2–61 мкг/кг) [3].

### **Существующие методы очистки коптильного дыма**

Уменьшить содержание ПАУ в копченостях можно следующими способами:

- регулированием процесса дымогенерации, поддержанием температуры тления опилок на более низком уровне (не более 400 С). Достигается применением эндотермического способа дымогенерации;
- очисткой дыма перед подачей в коптильную камеру (механическая фильтрация, водоиммерсионная или электростатическая очистка); ПАУ содержатся прежде всего в крупных частицах дисперсной фазы дыма, которая удаляется фильтрованием, осаждением или конденсацией в воде. Способ дорогостоящий и не нашел практического применения;
- удлинением пути движения дыма от дымогенератора до камеры (но не более 30 с), в этом случае в дымоходах остается большая часть смоляной фракции, содержащей ПАУ [2]. Способ увеличивает габариты и массу коптильной установки;
- использованием коптильных препаратов, предварительно очищенных от смоляной фракции и ПАУ вместо дыма.

Невозможность применения при дымовом копчении.

## Обоснование конструкции аппарата электрокопчения с предварительной электроочисткой коптильного дыма.

Мы предлагаем устройство предварительной очистки дыма от крупных частиц за счет применения электронно-ионной технологии, используемой при копчении сельскохозяйственной продукции – электрокопчении. Теоретически рассмотрен вариант технического решения предварительной очистки дымовоздушной смеси коптильного дыма от крупных частиц и более равномерного рассеивания мелкодисперсной части аэрозоля на продукте копчения.

Для получения электрического поля с переменной напряженностью по высоте коптильной камеры коронирующие электроды располагались под углом к вертикальной оси (рис. 1).

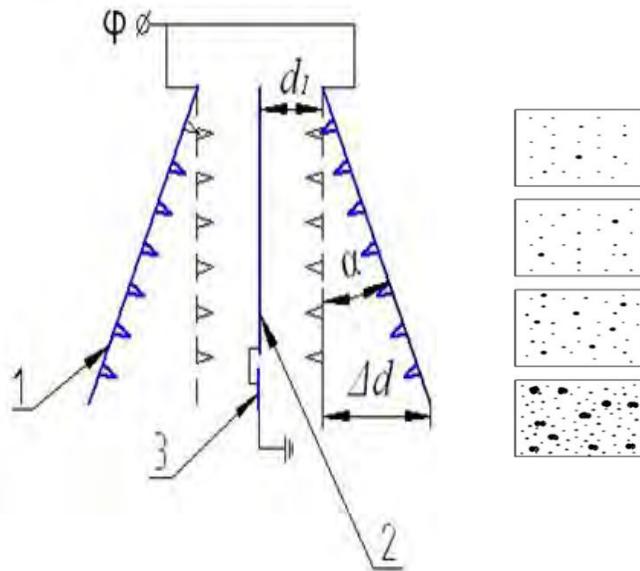


Рис. 1. Схема расположения коронирующих электродов опытной установки, картина осаждения частиц дымовоздушной смеси для нее: 1 – коронирующий игольчатый электрод; 2 – заземленный электрод (продукт копчения); 3 – дополнительный заземленный электрод для предварительной очистки дымокоптильной смеси от крупных частиц

Из теории электрогазоочистки известно аналитическое выражение расчета эффективности очистки дымовоздушной смеси [4]:

$$\eta = 1 - e^{\frac{-W \cdot L}{d \cdot u}}, \quad (1)$$

$L$  – длина коронирующей системы, м;

$d$  – межэлектродное расстояние, м;

$W$  – скорость дрейфа заряженных частиц, м/с;

$u$  – скорость воздушного потока, м/с.

Скорость дрейфа осаждаемых частиц в электрокоптилке определяется по известному выражению [4]:

$$W = \frac{4 \cdot \varepsilon_0 \cdot E^2 \cdot \delta \cdot r}{6 \cdot \mu}, \quad (2)$$

где  $\varepsilon_0$  – электрическая постоянная;

$$\delta = 1 + 2 \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon - 2} \quad - \text{коэффициент, учитывающий диэлектрические свойства частиц};$$

$\varepsilon$  – относительная диэлектрическая проницаемость частиц коптильного дыма;

$E$  – напряженность электрического поля;

$\mu$  – коэффициент динамической вязкости воздушной среды;

$r$  – радиус частицы.

Известно, что в начальный период осаждаются наиболее крупные частицы, так как скорость дрейфа частиц  $W$  прямо пропорциональна размеру частиц  $r$ .

Задаваясь требуемыми значениями  $\eta$ ,  $r$ ,  $E^2$ ,  $u$ , можно из (2) рассчитать длину дополнительного электрода и межэлектродное расстояние  $d$ , обеспечивающие осаждение крупных частиц в зоне предварительной очистки дымовоздушной смеси.

Разрешив (1) относительно  $d$ , получим выражение

$$\frac{L_{\text{доп}}}{d} = \frac{\ln(1 - \eta) \times u}{W \times \ln e}, \quad (3)$$

где – длина дополнительного осадительного электрода для крупных частиц;

#### **Аналитическая зависимость распределения напряженности электрического поля по длине продукта копчения.**

Электрокопчение в существующих установках сопровождается осаждением частиц на поверхности продукта неравномерно (см. рис. 1). Для получения качественного продукта частицы дымовоздушной смеси должны распределяться равномерно по всей поверхности продукта копчения.

В связи с этим для обеспечения равномерного распределения мелкодисперсной части аэрозоля дымовоздушной смеси необходимо создать электрическое поле с переменной напряженностью поля по высоте электрокоптилки.

Известно, что величина силы, обусловленная взаимодействием электрического поля и заряда частиц (кулоновская сила), определяется из соотношения [1]

$$F_k = Eq, \quad (4)$$

где  $q$  – заряд частицы.

В свою очередь напряженность электрического поля можно рассчитать по формуле

$$E = \frac{U}{d}. \quad (5)$$

Согласно рисунку 1 значение  $d$  будет равно

$$d = d_1 + \Delta d. \quad (6)$$

Значение  $\Delta d$  определяется по выражению

$$\Delta d = l \cdot \tan(\alpha). \quad (7)$$

Подставив выражения (6) и (7) в (5), получим

$$E = \frac{U}{d_1 + l \cdot \tan(\alpha)}. \quad (8)$$

Таким образом, с помощью выражения (8) можно рассчитать напряженность поля для двух вариантов:

- 1)  $E=f(L)$  при  $\alpha=\text{const}=30^\circ$ ;

2)  $E=f(a)$  при  $L=\text{const}$ .

На рисунке 2 представлены графики зависимости эффективности осаждения частиц  $\eta$  от их размера  $r$  и скорости движения потока дымокоптильной смеси  $u$  по высоте коптильной камеры, полученные расчетным путем.

Расчеты выполнялись при  $U=26$  кВ, межэлектродном расстоянии  $d=8$  см и длине коронирующей системы  $L=43$  см.

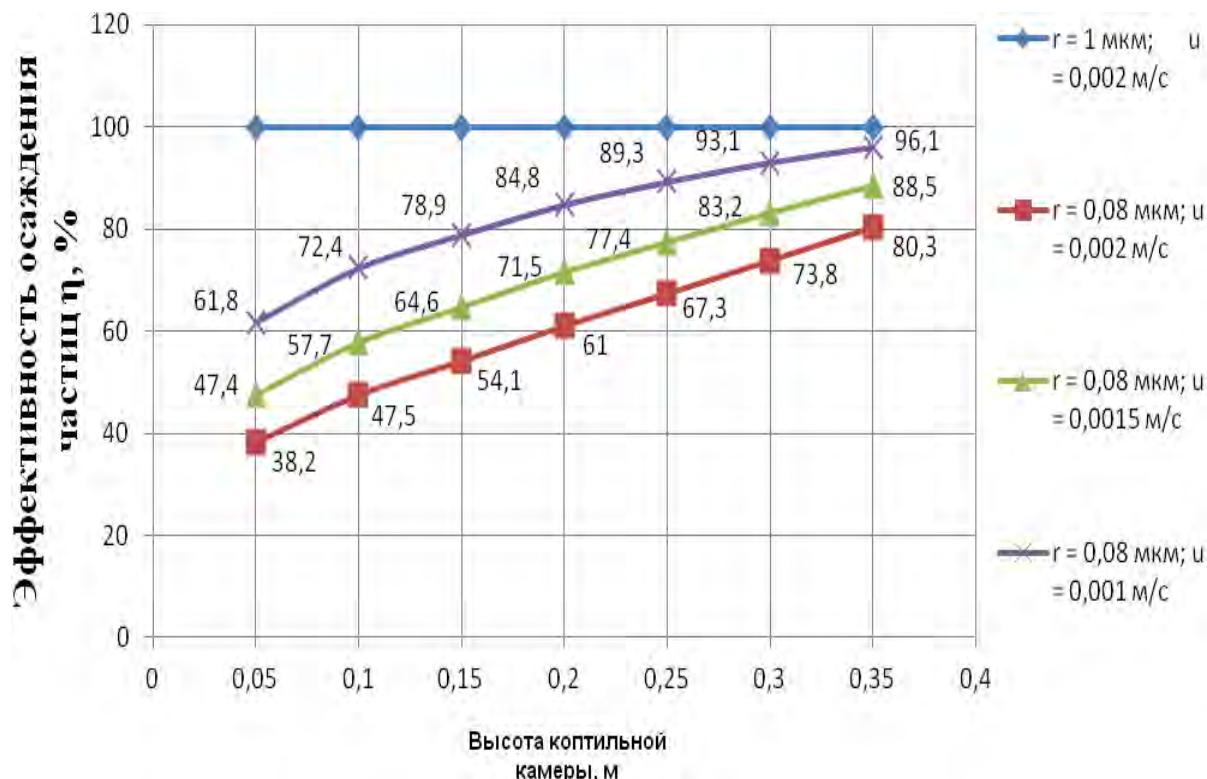


Рис. 2. Зависимость эффективности осаждения частиц  $\eta$  от их размера  $r$  и скорости движения потока дымокоптильной смеси  $u$  по высоте коптильной камеры

Анализ рисунка 2 показывает, что частицы размером  $r \geq 1$  мкм при скорости движения дымокоптильной смеси  $u = 0,002$  м/с практически с эффективностью 100% осаждаются на дополнительном электроде. При увеличении скорости движения дымовоздушной смеси, на примере частиц  $r \geq 0,08$  мкм, количество частиц осаждаемых на поверхности продукта копчения, увеличивается. Наибольшее количество частиц данного размера осаждается на поверхности продукта копчения при скорости  $u = 0,002$  м/с.

### Выводы

- Химический состав коптильного дыма содержит группу ПАУ, влияющих на онкологические заболевания человека.
- Существующие способы очистки коптильного дыма дорогостоящие и не нашли практического применения.
- Использование ЭИТ при очистке коптильного дыма является перспективным направлением развития копчения сельскохозяйственной продукции с точки зрения повышения качества продукции.

### Литература

- Основы электрогазодинамики дисперсных систем / И.П. Верещагин [и др.]. – М.: Энергия, 1974.
- Курко В.И., Макарова Н.А., Гергель Б.Е. Способы очистки дыма от смол // Рыбное хозяйство. – 1980. – № 7. – С.66–69.

3. Мезенова О.Я., Ким И.Н., Бредихин С.А. Производство копченых пищевых продуктов. – М.: Колос, 2001.
4. Возмилов А.Г. Исследование и разработка двухзонного электрофильтра для очистки воздуха в промышленном птицеводстве. – Челябинск, 1980.



УДК 537.8:681.3

*Н.П. Воробьев, Е.В. Титов, И.Е. Мигалев*

## **ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКИ В ПОМЕЩЕНИЯХ**

*В статье рассмотрена методика оценки состояния электромагнитной обстановки в помещениях с источниками электромагнитных излучений.*

**Ключевые слова:** электромагнитные излучения, опасность, методика оценки, контроль параметров электромагнитных полей, электромагнитная обстановка.

*N.P. Vorobiev, E.V. Titov, I.E. Migalev*

## **THE ELECTROMAGNETIC ENVIRONMENT CONDITION ASSESSMENT IN THE PREMISES**

*The technique for the electromagnetic environment condition assessment in the premises with the electromagnetic radiation sources is considered in the article.*

**Key words:** electromagnetic radiation, danger, assessment technique, control of electromagnetic field parameters, electromagnetic environment.

---

Необходимость контроля состояния электромагнитной обстановки в помещениях обусловлена все большим их оснащением различной технической и бытовой аппаратурой, которая является источником электромагнитных излучений (ЭМИ).

Существует ряд нормативных документов [1–3], которые устанавливают предельно допустимые уровни электромагнитного излучения, воздействующего на население и рабочий персонал. Однако более информативным и удобным для восприятия параметром является допустимое время пребывания человека в различных зонах помещения независимо от уровней и частотных спектров электрических и магнитных составляющих ЭМИ. Для определения этого времени должны быть выявлены наиболее опасные составляющие поля в помещении.

В Алтайском государственном техническом университете им. И.И. Ползунова (АлтГТУ) разработана методика интегрированного контроля электромагнитной обстановки. Методика заключается в том, что по результатам измерения значений напряженностей электростатического, переменных электрического, магнитного и электромагнитного полей, создаваемых источниками ЭМИ соответственно на частотах: 0 Гц, 50 Гц, 30 кГц, 3 МГц, 30 МГц, 50 МГц, 300 МГц и при необходимости на более высоких частотах до 300 ГГц, определяется наиболее опасное поле, соответствующее минимально допустимому времени пребывания человека в точке измерения. Далее производится компьютерное моделирование выбранного поля в исследуемом помещении.

Допустимое время пребывания людей в точках измерения определяется по следующей методике.

Известны расчетные выражения для определения допустимого времени пребывания в зоне действия электростатического, переменных электрического, магнитного и электромагнитного полей. Данные выражения применяются в целях обеспечения электромагнитной безопасности людей, профессионально связанных с эксплуатацией и обслуживанием источников ЭМИ, в производственных условиях [1]. Это время определяется в зависимости от предельно допустимых уровней контролируемого поля.

В частности, предельно допустимый уровень напряженности электростатического поля (ЭСП) при воздействии менее 1 ч за смену составляет 60 кВ/м [1]. Допустимое время пребывания персонала в этом электростатическом поле (час) без средств защиты определяется по формуле [1]