

УДК 631.22.628.8

## **ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ТЕХНОЛОГИЯХ С/Х ПРОИЗВОДСТВА ЗА СЧЁТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОЗОНОВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ**

Ксенз Н.В., д.т.н.,

Леонтьев Н.Г. к.ф.-м.н.,

Сидорцов И.Г. к.т.н.

*ФГБОУ ВПО Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия, г. Зерноград (Российская Федерация)*

Тел. (86359) 38-4-06

**Аннотация** – в работе рассматриваются свойства озоноздушных смесей и вопросы их применения для сушки зерна. Представлены материалы по обработке зерна озоноздушной смесью с целью его сушки. Показано, что применение озоноздушных смесей позволяет повысить производительность, снизить энергозатраты при сушке.

**Ключевые слова**– озон, озоноздушная смесь, сушка зерна.

*Постановка проблемы.* В настоящее время озон (озоноздушная смесь) находит применение в промышленности, в медицине, сельскохозяйственном производстве как сильный универсальный окислитель и как основной источник образования уникального атомарного кислорода.

*Анализ последних исследований.* Сушка является одним из важнейших этапов подготовки зерна к хранению. В настоящее время широкое применение для сушки зерна различных культур нашёл конвективный способ сушки. Наряду с достоинством этот способ имеет и существенные недостатки, одним из которых является большая энергоёмкость. В связи с этим ведётся интенсивный научный поиск по разработке методов снижения энергоёмкости конвективного способа сушки. Одним из таких методов является использование в качестве агента сушки озоноздушной смеси [1-5].

*Формулирование цели статьи.* Мы предлагаем вашему вниманию материалы по использованию озона в технологии сушки зерна. Для получения озоноздушной смеси мы использовали проточные электроозонаторы (рис.1) на основе коронного разряда [6].

*Основная часть.* Для определения необходимой скорости суш-

ки, концентрації озона, удельної подачі озоноздушної суміші були проведені експериментальні дослідження при різній концентрації озона, різному удельному расходе озоноздушної суміші, різній вологості агента сушки.



Рис.1. Проточний електроозонатор в воздуховоде сушилки.

На рис. 2 представлені кінетическіє залежності при подачі озоноздушної суміші, рівної  $3,1 \text{ м}^3/(\text{ч}\cdot\text{кг})$ , но різній вологості озоноздушної суміші (60,8% і 82%) і різній концентрації озона ( $2,4 \text{ мг}/\text{м}^3$  і  $8,2 \text{ мг}/\text{м}^3$ ).

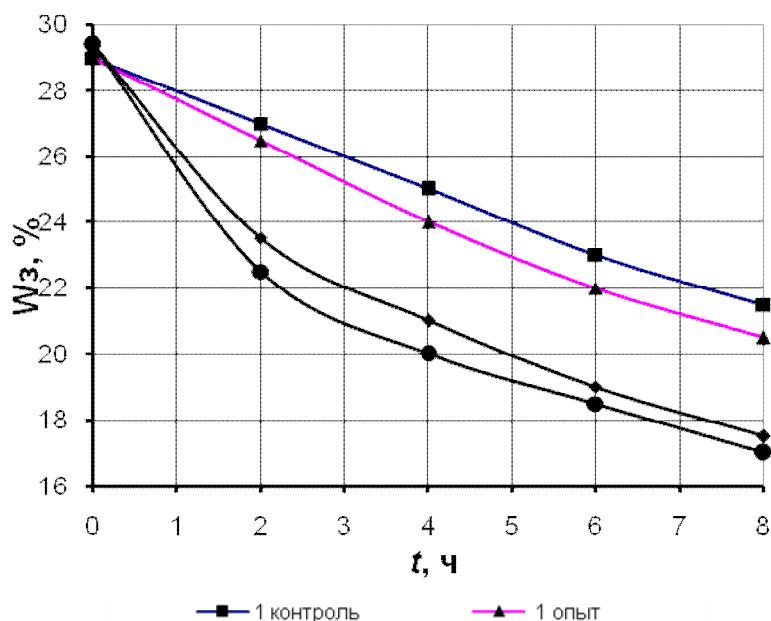


Рис.2. Кінетическіє криві сушки зерна (ячмень).

Опыт 1.  $q=3,1 \text{ м}^3/(\text{ч}\cdot\text{кг})$ ;  $h=0,43 \text{ м}$ ;  $v=0,25 \text{ м}/\text{с}$ ;  $C_H=2,4 \text{ мг}/\text{м}^3$ ;  $C_K=1,7 \text{ мг}/\text{м}^3$ ;  $t_0=23^\circ\text{C}$ .

Опыт 2.  $q=3,1 \text{ м}^3/(\text{ч}\cdot\text{кг})$ ;  $h=0,43 \text{ м}$ ;  $v=0,25 \text{ м/с}$ ;  $C_n=8,2 \text{ мг/м}^3$ ;  $C_k=5,5 \text{ мг/м}^3$ ;  $t_g=28^\circ\text{C}$ .

Анализ этих зависимостей показывает, что при концентрации озона в озоновоздушной смеси, равной  $2,4 \text{ мг/м}^3$ , влажность зерна за восемь часов сушки снизилась с 29% до 20,5% (рис.2, опыт 1), что составляет 30%, а в контроле – с 29% до 21,5%, что составляет 25%. При концентрации озона в озоновоздушной смеси, равной  $8,2 \text{ мг/м}^3$  и влажности агента сушки, равной 60,8%, влажность зерна снизилась с 29,4% до 17% (рис.2, опыт 2), что составляет 42%, а в контроле – с 29% до 17,5%, что составляет 40%. По времени озоновоздушная сушка опережает сушку просто атмосферным воздухом на 1...1,5 часа.

На рис. 3 представлены кинетические зависимости сушки ячменя при удельной подаче озоновоздушной смеси  $10 \text{ м}^3/(\text{ч}\cdot\text{кг})$ , влажности воздуха 87% и концентрации озона  $10,1 \text{ мг/м}^3$ .

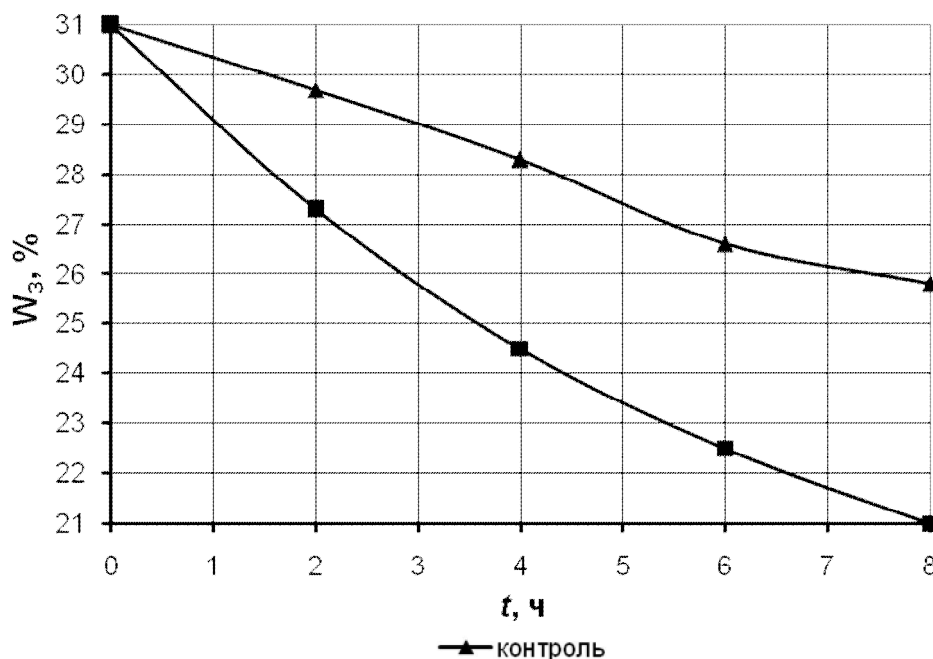


Рис.3. Кинетические кривые сушки зерна (ячмень)  $q= 10 \text{ м}^3/(\text{ч}\cdot\text{кг})$ ;  $h=0,21 \text{ м}$ ;  $v=0,4 \text{ м/с}$ ;  $C_n=10,1 \text{ мг/м}^3$ ;  $C_k=7,3 \text{ мг/м}^3$ ;  $t_g=22^\circ\text{C}$ .

В данном случае влажность зерна за восемь часов сушки снизилась с 31% до 21%, что составляет 33%, а в контроле – с 31% до 26%, что составляет 16%. По времени озоновоздушная сушка опережает сушку просто атмосферным воздухом на 4...5 часов.

По этим кинетическим зависимостям определены скорости сушки ячменя в течение восьми часов процесса сушки. На рис. 4,5 и 6 приведены графические зависимости скорости сушки от времени.

Анализ этих зависимостей показывает, что при удельном расходе озоновоздушной смеси  $3,1 \text{ м}^3/(\text{ч}\cdot\text{кг})$  и концентрации озона, равной

2,4 мг/м<sup>3</sup>, скорость сушки в первый час равна 1,3%/ч, а в контроле – 1,0%/ч, т.е. на 23% ниже. Примерно до пяти часов сушки скорость сушки озонозвоздушной смесью выше контроля на 13%, а после практически выравнивается до 0,8%/ч (рис.4).

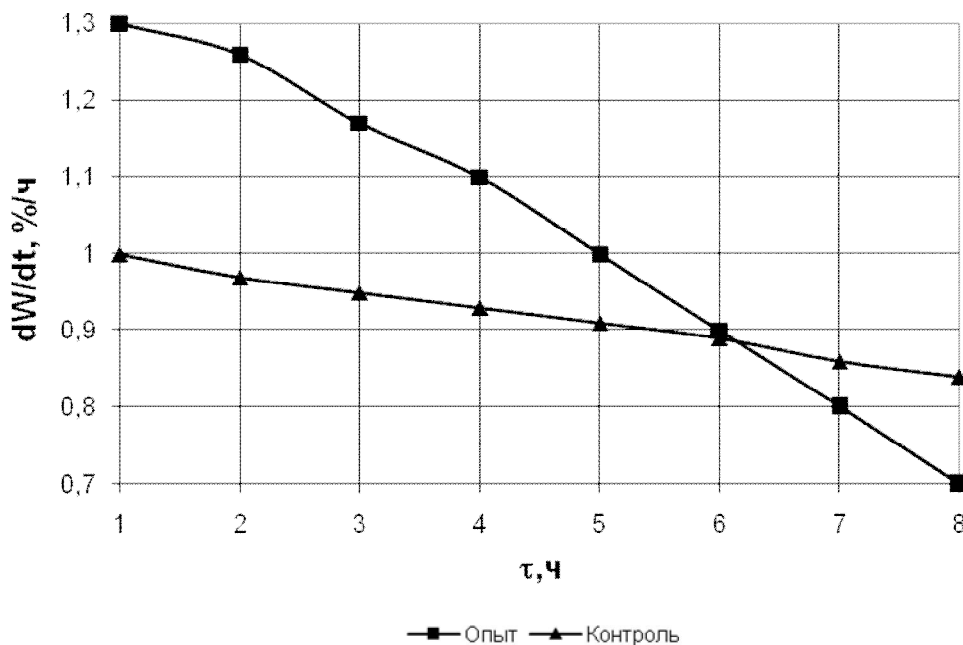


Рис.4. Скорость сушки зерна (ячмень)  $q=3,1$  м<sup>3</sup>/(ч·кг);  $t_e=22^\circ\text{C}$ ;  $C_H=2,4$  мг/м<sup>3</sup>;  $W_H=82\%$ ;  $W_K=29\%$ .

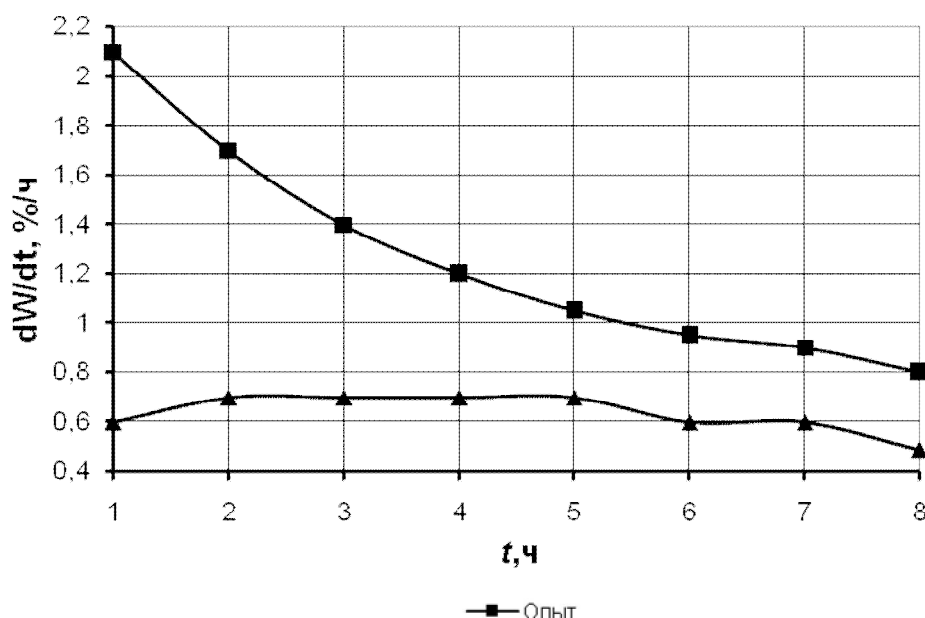


Рис.5. Скорость сушки зерна (ячмень)  $q=10$  м<sup>3</sup>/(ч·кг);  $t_e=22^\circ\text{C}$ ;  $C_H=10,1$  мг/м<sup>3</sup>;  $W_H=87\%$ ;  $W_K=31\%$ .

При удельном расходе озонозвоздушной смеси 3,1 м<sup>3</sup>/(ч·кг) и концентрации озона, равной 8,2 мг/м<sup>3</sup>, скорость сушки в первый час

уже равна 5,1%/ч, а в контроле – 3,7%/ч, т.е. на 28% ниже. Примерно до четырёх часов сушки скорость сушки озонозвоздушной смесью выше контроля на 23%, а далее практически выравнивается до 0,6...0,7%/ч (рис.6).

При удельном расходе озонозвоздушной смеси  $10 \text{ м}^3/(\text{ч}\cdot\text{кг})$  и концентрации озона, равной  $10,1 \text{ мг}/\text{м}^3$  и влажности агента сушки 87%, скорость сушки в первый час уже равна 2,1%/ч, а в контроле – 0,6%/ч, т.е. на 70% ниже. Скорость сушки озонозвоздушной смесью постепенно снизилась до 0,8%/ч, а в контроле практически осталась постоянной – 0,6...0,7%/ч (рис.5).

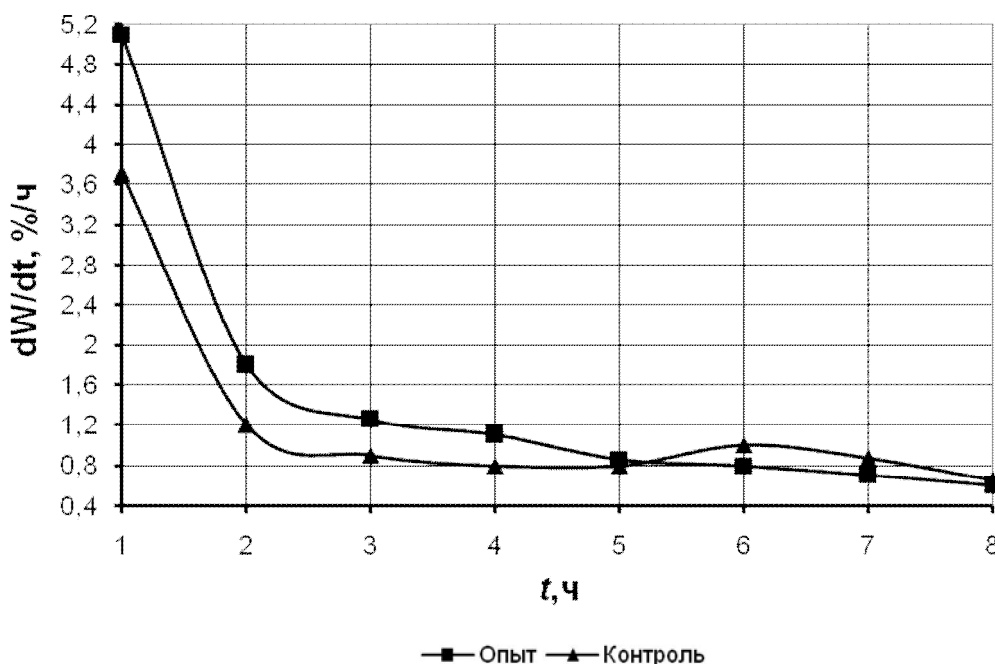


Рис.6. Скорость сушки зерна (ячмень)  $q=3,1 \text{ м}^3/(\text{ч}\cdot\text{кг})$ ;  $t_e=28^\circ\text{C}$ ;  $C_H=8,2 \text{ мг}/\text{м}^3$ ;  $W_H=61\%$ ;  $W_K=29,4\%$ .

Из проведённого анализа можно сделать вывод, что увеличение подачи озонозвоздушной смеси в 3 раза и концентрации озона в 1,2 раза при высокой влажности (87%) агента сушки приводит к снижению скорости сушки в 2,4 раза (5,1%/ч против 2,1%/ч) по сравнению с влажностью агента сушки 61% (рис.5,6). Однако при одинаковой высокой влажности агента сушки (82% и 87%) увеличением подачи озонозвоздушной смеси и концентрации озона приводит к увеличению скорости сушки в 1,6 раза (рис.4,5).

Повышение скорости сушки озонозвоздушной смесью позволяет существенно снизить энергоёмкость процесса сушки.

В таблицах 1 и 2 представлены результаты производственных исследований в бункере БВ-40 и сушилке СБВС.

*Выводы.* Анализ результатов этих исследований свидетельствует, что при использовании озонозвоздушной смеси энергоёмкость про-

цесса сушки может быть снижена в 1,5...2,0 раза по сравнению с сушикой подогретым воздухом.

Таблица 1–Показатели работы бункера БВ-40 при сушке зерна

№ п/п	Наименование показателя	Значения показателя	
		БВ-40 с озонатором	БВ-40
1	Производительность установки по исходному материалу, т/ч	0,44	0,26
2	Производительность установки по сухому материалу, т/ч	0,39	0,23
3	Удельный расход электроэнергии на тонну вместимости, кВт·ч/т	99	225
4	Длительность вентилирования, ч	90	150
5	Первоначальная влажность материала, %	24,0	24,0
6	Средняя температура агента сушки, °С	21,5	21,5

Таблица 2–Показатели работы сушилки СБВС при сушке клещевины

№ п/п	Наименование показателя	Значения показателя	
		Сушка подогретым воздухом	Сушка подогретой озоново-воздушной смесью
1	Производительность установки по исходному материалу, т/ч	5,6	10,36
2	Производительность установки по сухому материалу, т/ч	5,11	9,54
3	Удельный расход электроэнергии на 1 кг испарённой влаги, кВт·ч/кг	0,254	0,174
4	Длительность вентилирования (до 14% влажности), ч	10,33	5,8
5	Первоначальная влажность материала, %	26,2	26,2
6	Температура агента сушки, °С	70	70

#### Литература

1. Троцкая Т.П. Сушка зерна с помощью озоново-воздушной смеси //Троцкая Т.П. //Мех.и электрификация сельского хозяйства. – 1985. – №1. – С.36-39.
2. Глушенко Л.Ф.Использование электроактивированного воздуха для сушки биологических объектов //Л.Ф.Глушенко, Н.А. Глушенко //Электронная обработка материалов. – 1987. – №2. – С.73-75.

3. *Креймерис И.Б.* Консервирование и сушка влажного зерна с применением озона /*И.Б.Креймерис, К.Дрюкас, В.Трюненс* // НИИМЭСХ. – 1987. – XIX. – С.44-51.

4. Патент 2196417, RU, A01F25/00. Способ сушки зерна и семян / А.В. Голубкович, А.Г. Чижиков. № 2001110265/13, Заявл. 16.04.2001, опубл. 20.01.2003.

5. Патент 2315460<sup>(13)</sup>,<sup>(19)</sup>RU<sup>(11)</sup>, (51) МПК А01С1/00. Способ и комплекс для обработки зерна, семян и помещений озоном /Ю. М. Лужков, Ю. М. Соломонов, Н. В. Карягин и др. № 2006128437/13, Заявл. 07.08.2006, опубл. 27.01.2008.

6. *Ксенз Н.В.* Проточный электроозонатор для вытяжной вентиляции производственных помещений / [*Н.В. Ксенз, К.Х. Попандоуло, А.И.Мартынец, И.Г.Сидорцов*]/Сборник статей XIX Международной научно-практической конференции «Экология и жизнь». – Пенза. – 2010. – С.168-171.

## **ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ТЕХНОЛОГІЯХ С/Г ВИРОБНИЦТВА ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ ОЗОНОПОВІТРЯНИХ СУМІШЕЙ**

Ксенз М.В., Леонт'єв М.Г., Сидорцов І.Г.

### *Анотація*

**В роботі розглянуті властивості озоніповітряних сумішей і питання їх застосування для сушіння та передпосівної обробки насіння. Представлені матеріали по обробці зерна озоніповітряною сумішшю з метою його сушки. Показано, що застосування озоніповітряних сумішей дозволяє підвищити продуктивність, знизити енерговитрати під час сушіння.**

## **ENERGY SAVING TECHNOLOGIES IN AGRICULTURAL PRODUCTION THROUGH USE OF OZONE-AIR MIXTURE**

N.Ksenz, N.Leontiev, I.Sidortsov

### *Summary*

**In the article properties of ozone-air mixtures and their application in grain drying are considered. Materials on grain processing by an ozone-air mix for the purpose of its drying are presented. It is shown that use of ozone-air mixture can improve performance, reduce energy consumption during drying.**