

05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства

УДК 502/504:631.3

В. Ф. СТОРЧЕВОЙ, Н. Ф. СТОРЧЕВОЙ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»
Институт природообустройства имени А. Н. Костякова

ОБОБЩЕННАЯ МОДЕЛЬ РАЗРЯДНЫХ СИСТЕМ ИОНИЗАТОРА-ОЗОНАТОРА ВОЗДУХА ПРИ ПРОВИДЕНИИ ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ В ТРЕНАЖЕРНЫХ ЗАЛАХ

Рассмотрены задачи построения обобщенной модели разрядных систем ионизатора-озонатора с целью проведения профилактических мероприятий в спортивных залах. Определены: режимы работы системы; процессы образования озона и ионов в разрядном промежутке; стабильная работа системы при ее эксплуатации в тренажерном зале.

Источник питания, ионизатор-озонатор, разрядные системы, микроклимат, математические модели, схемы замещения, алгебраические и дифференциальные уравнения.

Problems of building a generalized model of ionizer - ozonizer discharge systems with the purpose of conducting prophylactic measures in sports halls are considered. There are defined: operation modes of the system; the processes of ozone and ions formation in the discharge interval; a steady operation of the system in the gym.

Power source, ionizer-ozonizer, discharge systems, microclimate, mathematical models, equivalent circuit, algebraic and differential equations.

Качество проведения тренировок в тренажерном зале связано не только с мастерством и талантом тренера, но и в значительной степени с тем, где тренируется спортсмен. Микроклимат спортзала влияет на интенсивность, качество тренировок и здоровье самого спортсмена. Существующие системы вентиляции, как правило, регулируют температуру и влажность воздуха в спортивном зале, но слабо влияют на концентрацию кислорода и очистку газовой и микробной загрязненности [1].

Использование ионизатора-озонатора воздуха позволяет воздействовать на ионный и химический состав воздуха, регулировать и создавать оптимальные условия микроклимата спортзалов. Однако вопрос об оптимальных режимах ионизации остается открытым и требует проведения дополни-

тельных исследований. С использованием ионизаторов воздуха, выпускаемых отечественной промышленностью, проведение подобных исследований не представляется возможным из-за отсутствия регулировки концентрации ионов и озона, выбора режима работы, а также времени воздействия.

Разработанный авторами ионизатор-озонатор воздуха имеет два режима работы (импульсный и постоянный) и возможность регулировать концентрации ионов и озона. Регулировка концентрации осуществляется за счет изменения одного из следующих параметров ионизации: напряжения, длительности, периода повторения и формы импульсов, а также наличия регулируемой разрядной системы ионизатора-озонатора.

Электрические разряды в воздушной газовой смеси происходят за счет электри-

чески заряженных частиц. Практически только эти частицы воспринимают энергию электрического поля, т. е. энергия разряда передает энергию движения электронов и ионов реагирующим молекулам.

В процессе ионизации газов, входящих в состав воздуха, в разрядной камере образуются аэроионы. Ионизация происходит в два этапа. На первом этапе ионизации при энергии 13,58 эВ (1 эВ – энергия, которую приобретает электрон, проходящий в электрическом поле с разностью потенциалов равной 1 В) происходит образование каждого отдельного атома кислорода в аэроион. Под действием ионизирующего излучения молекуле или атому газа сообщается энергия, необходимая для удаления одного из электронов из сферы действия ядра. Нейтральный атом становится положительно заряженным, а образовавшийся свободный электрон присоединяется к одному из нейтральных атомов и, передавая ему отрицательный заряд, образует отрицательный аэроион. Первично образовавшиеся аэроионы существуют малое время. На втором этапе ионизации при энергии 34,96 эВ биологически активным ионам обеспечивается необходимая устойчивость. Под действием поляризованных сил к образовавшимся (первичным) аэроионам присоединяется определенное число нейтральных молекул газов. В результате образуются комплексы молекул – легкие аэроионы, которые, сталкиваясь с присутствующими в воздухе ядрами конденсации, оседают на них и отдают им свой заряд. В результате образуются вторичные аэроионы – устойчивые и более крупных размеров. Атомы и молекулы кислорода образуют отрицательные ионы O^- и O_2^- . В образовании озона в разрядной системе основную роль играют электронно-возбужденные молекулы, получающиеся при столкновении с электронами, и аэроионы.

Образование озона в барьерном разряде осуществляется в сильно ионизированном газе (плазме), который состоит из молекул или атомов, ионов и электронов. Разряд в озонаторе происходит между диэлектрическими электродами при давлении, близком к атмосферному. Электронно-возбужденные молекулы, получающиеся при столкновении нормальных молекул с электронами, играют основную роль при образовании озона в барьерном разряде, процесс становится интенсивным при энергиях электронов 8...10 эВ, меньше той, которая требуется для ионизации молекулы

кислорода. При энергии электронов 9 эВ наблюдается образование озона, которое усиливается при энергии электронов 21,2 эВ. Таким образом, в образовании озона активную роль могут играть и аэроионы, образующиеся в результате ионизации.

Способность озона легко распадаться с образованием кислорода делает его сильным окислителем. При действии озона на неорганические вещества происходит окисление до высших окисных соединений, при действии на органические вещества происходит присоединение озона по месту разрыва двойной связи и образование озонидов.

Протекание большого числа химических процессов в разряде и неоднородность самого разряда пока не позволили оценить доли отдельных реакций в суммарном процессе. Электрическая теория озонаторов сложна, и многие вопросы электросинтеза озона недостаточно разработаны и в настоящее время.

В процессе образования ионов и озона в воздушной среде разрядных систем, состоящей из полярных и неполярных молекул, в молекулах с постоянным электрическим моментом происходит переориентация зарядов, а неполярные молекулы приобретают индуцированный дипольный момент [2, 3].

Молекулы с постоянным и индуцированным моментом взаимодействуют с ионами, в результате чего образуются комплексные молекулы, состоящие из полярных молекул и молекул озона. Образование комплексной молекулы в воздушной смеси в первом приближении можно представить уравнением

$$m_k = m_i + \frac{K_M m_M q_i}{E_M}, \quad (1)$$

где m_k – масса комплексной молекулы; m_i – масса иона; m_M – масса полярной молекулы; K_M – коэффициент, зависящий от дипольного момента полярной молекулы; q_i – заряд иона; E_M – энергия полярной молекулы.

На рисунке 1 представлены схемы движения воздушной ионно-озонной смеси в реакционной камере, поясняющие обобщенную модель разрядной системы проточного ионизатора-озонатора. Эта модель удовлетворяет следующим условиям:

движение воздушной ионно-озонной смеси в разрядной системе рассматривается на примере движения комплексной молекулы этой смеси, масса которой m_k определяется уравнением (1);

за начальную скорость движения воздуха принимается скорость v_0 подачи

воздуха вентилятором;

начальные условия движения: $t = 0$;

$r = 0$; $x = 0$;

граничные условия движения: $r \leq r_0 \leq r_B$;

$0 \leq x \leq L$.

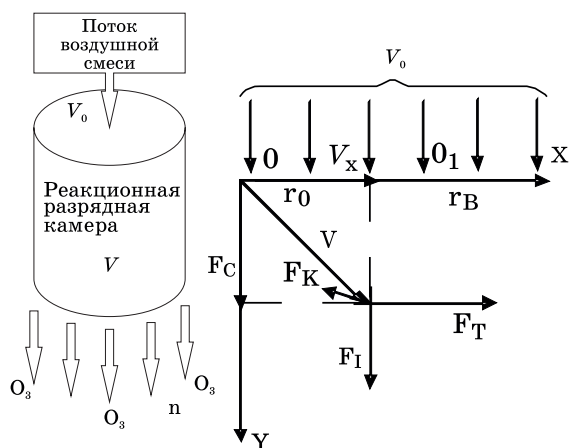


Рис. 1. Схемы образования и движения воздушной ионно-озонной смеси в реакционной камере

Если предположить, что комплексные молекулы воздушной ионно-озонной смеси не искажают поток воздуха, в котором они движутся, и не взаимодействуют между собой, то тогда на молекулу с радиусом r действуют следующие основные силы:

сила Кулона, возникающая под действием электрического поля на заряженную молекулу, направленная по оси X –

$$\overline{F}_K = \overline{E}q; \quad (2)$$

сила инерции –

$$\overline{F}_I = \frac{m_k dv}{dt}; \quad (3)$$

сила тяжести –

$$\overline{F}_T = \overline{mg}; \quad (4)$$

пандеромоторная сила, обусловленная неравномерностью распределения напряженности электрического поля, в воздушной среде действует в направлении усиления поля –

$$\overline{F}_E = 2\pi\epsilon_0 r^3 \left[\frac{(\epsilon - 1)}{(\epsilon - 2)} \right] \text{grad} E^2; \quad (5)$$

(в расчетах она обычно составляет 1% F_K и ею можно пренебречь);

сила сопротивления среды возникает со стороны неподвижной среды, когда молекула движется в покоящейся среде (воздухе), ее можно рассчитать по

формуле Стокса:

$$\overline{F}_C = K_1 (v - v_0). \quad (6)$$

Справедливо, когда сила инерции мала в сравнении с силой вязкости, т. е. число Рейнольдса должно быть небольшим:

$$R_E = 2r \cdot v / \lambda, \quad (7)$$

где K_1 – коэффициент динамической вязкости среды; λ – коэффициент кинематической вязкости среды.

Уравнение движение комплексной молекулы в модели разрядной системы составлено согласно принципу Даламбера, т. е. условие равновесия сил, приложенных к комплексной молекуле,

$$\overline{F}_K + \overline{F}_T + \overline{F}_I + \overline{F}_C + \overline{F}_E = 0. \quad (8)$$

Тогда векторное уравнение (8) с учетом формул (2)...(6) в проекциях на оси OX и OY будет иметь следующий вид:

$$\begin{cases} \frac{mdv_x}{dt} = -Eq - K_1 v_x; \\ \frac{mdv_y}{dt} = mg - K_1 (v_0 - v_y). \end{cases} \quad (9)$$

Если принять ($K_1 = 6\pi\mu r$ и $m = (4\pi\mu^3)/3$) и выполнить математические преобразования, получим формулы скорости по оси OX и OY :

$$\begin{cases} v_x = \frac{dX}{dt} = K_2 (e^{-t} - 1); \\ v_y = \frac{dY}{dt} = (1 - v_0^*) (e^{-t} - 1). \end{cases} \quad (10)$$

Если комплексная молекула воздушной ионно-озонной смеси находится в начальный момент времени в точке с координатами, то

$$X = R_0; Y = 0; t = 0,$$

$$\text{где} \quad R_0 = \frac{r_0}{g} \left(\frac{9\mu}{2\rho r^3} \right)^2 - \quad (11)$$

безразмерная радиальная координата, тогда

$$\begin{cases} C_3 = R_0 + K_2 \\ C_4 = 1 - v_0^* \end{cases} \quad (12)$$

На основании (11)...(12) получим уравнение движения комплексной молекулы в разрядной системе реакционной камеры проточного ионизатора-озонатора:

$$\begin{cases} X = -K_2(1 - e^{-t} - t) + R_0; \\ Y = (1 - v_0^*)(1 - e^{-t} - t). \end{cases} \quad (13)$$

Пользуясь уравнением молекулярно-кинетической теории газа, можно определить концентрацию комплексных молекул в реакционной камере:

$$p = \frac{1}{3} m_0 n \langle v^2 \rangle, \quad (14)$$

где p – давление в реакционной камере; n – концентрация комплексных молекул в реакционной камере; $\langle v^2 \rangle$ – среднеквадратичная скорость молекул; m_0 – масса комплексной молекулы;

$$\left(m_0 = \frac{\mu}{N_A} \right),$$

где μ – молярная масса молекулы; N_A – число Авогадро.

Тогда концентрация комплексных молекул в реакционной камере проточного ионизатора-озонатора

$$n = \frac{3p}{m_0 \langle v^2 \rangle} = \frac{3p N_A}{\mu \langle v^2 \rangle}. \quad (15)$$

Выводы

Система уравнений (13) и (10) может быть использована при разработке и изготовлении проточного ионизатора-озонатора для определения геометрических и энергетических параметров при проведении профилактических мероприятий в спортивных залах.

Уравнение (15) позволяет опреде-

лить концентрацию комплексных молекул, находящихся в реакционной камере и на выходе проточного ионизатора-озонатора, до соприкосновения с обрабатываемой средой.

1. Полиевский С. А. Стимуляция двигательной активности. М.: Физическая культура, 2006. – 256 с.

2. Сторчевой В. Ф. Ионизация и озонирование воздушной среды. – М.: МГУП, 2003. – 173 с.

3. Рогов И. А., Бабакин Б. С., Выгодин В. А. Электрофизические методы в холодильной технике и технологии. – М.: Колос, 1996. – 336 с.

Материал поступил в редакцию 10.06.13.

Сторчевой Владимир Федорович, доктор технических наук, профессор, проректор по учебной работе
E-mail: V_Storchvoy@mail.ru

Сторчевой Николай Федорович, кандидат педагогических наук, доцент кафедры «Физическое воспитание и спорт»
Тел. 8-915-473-05-71

УДК 502/504:631.171

В. П. ОЧИР-ГОРЯЕВ, М. А. САНДЖИЕВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ухтинский государственный технический университет»

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ КАЧЕСТВА ПОСЕВА ДВУХУРОВНЕВЫМ ВЫСЕВАЮЩИМ УСТРОЙСТВОМ

На основе анализа существующих и перспективных конструкций сеялок предложено двухуровневое высевальное устройство для посева слабосыпучих и несипучих семян кормовых культур, приведены результаты расчетов его основных параметров и испытаний в лабораторных и полевых условиях.

Двухуровневое высевальное устройство, сеялка, слабосыпучие, несипучие семена, кормовые культуры.

On the basis of the analysis of existing and perspective constructions of sowing machines there is proposed a two-level seeding machine for sowing loose and non-loose seeds of feed crops, there are given results of calculation of its basic parameters and trial tests under laboratory and field conditions.

Two-level sowing machine, seeding machine, weakly loose, non-loose seeds, feed crops.

Качество работы высевального аппарата определяется равномерностью дозирования высеваемых культур. Оно зависит от параметров и физико-механических свойств высеваемого семенного материала. В связи с тем что выпускаемые высевальные аппараты для слабосыпучих и несипучих семян

кормовых культур («колосняк гигантский», «житняк», «прутняк») степей, полупустынь и пустынь не обеспечивают требуемых равномерности и общей устойчивости посева, авторами предложено двухуровневое высевальное устройство [1].

Данное высевальное устройство состоит