

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН

Р.С. Старухин

В статье рассматриваются вопросы, связанные с предпосевной обработкой семян для повышения их всхожести. Предложен подход к предпосевной обработке в электрическом поле, представлена математическая модель, описывающая механизм увеличения водопоглощения семян в электрическом поле на основе диффузионной модели. Представлена математическая модель электрического поля установки для предпосевной обработки семян, а также результаты экспериментов по определению влияния электрического поля на скорость водопоглощения.

Ключевые слова: посевные качества, предпосевная обработка, электрическое поле, математическая модель.

Интенсивное развитие агропромышленного комплекса на сегодняшний день является неотъемлемой и важной составляющей стратегического развития государства. К основным направлениям развития АПК Сибири относят улучшение производственного обеспечения сельскохозяйственной отрасли; внедрение новых, наукоемких технологий в аграрное производство с использованием для этого имеющихся возможностей аграрной науки и другие. Одно из важнейших мест в комплексе мероприятий по повышению урожайности возделываемых культур занимает работа с семенами, поскольку они являются носителями биологических и хозяйственных качеств растений и в значительной мере определяют качество и количество собираемого в итоге урожая.

В настоящее время электротехнологии находят все более широкое применение в сельском хозяйстве, являясь действенным средством повышения эффективности производства сельскохозяйственной продукции.

Все большее распространение получают воздействия на семена физическими факторами с целью их стимуляции – ускорения роста, увеличения урожайности и повышения качества получаемой продукции. Особое место в ряду исследуемых физических воздействий занимают электрофизические факторы. Многочисленные исследования в данной области доказали положительное влияние электромагнитных полей на посевные качества семян.

Сегодня разрабатываются различные электрофизические методы стимуляции посевного материала. Так, растения или их семена облучают светом современных искусственно созданных источников излучения - ла-

зеров [1]. В практике сельскохозяйственного производства все чаще встречаются случаи использования активного вентилирования семян электроактивированным воздухом для их предпосевной обработки. Другой способ основан на применении технологии микроволновой предпосевной обработки семян. Имеются данные об успешном применении комбинаций факторов при предпосевной обработке [2].

В ЧГАУ Басов А.М, Изаков Ф.Я. нашли применение электрического поля постоянного тока для обеззараживания семян. В Москве, Красноярске Бородин И.Ф., Цугленок Н.Ф. с сотрудниками эффективно применяют для обеззараживания энергию электромагнитных полей высокой и сверхвысокой частоты.

Анализ литературных источников показал, что облучение семян электрическим полем является одним из перспективных электрофизических методов предпосевной обработки семян. Не смотря на то, что в настоящее время существует большое количество разнообразных способов применения электрофизических факторов на семена с целью увеличения урожайности и повышения эффективности сельскохозяйственного производства, основным фактором, тормозящим широкое внедрение электрофизических методов предпосевной обработки в производство, является тот факт, что механизмы воздействия электромагнитного поля на семена и растения сельскохозяйственных культур до конца остаются не выясненными.

Результаты исследований, проводимых учеными, говорят о том, что ответ семян на один и тот же фактор, воздействующий при обработке, может оказывать различное действие. Эффект, производимый при обработ-

ке, зависит от многих факторов, в ряду которых можно назвать сорт и качество обрабатываемых семян, длительность обработки и параметры воздействующего фактора, время обработки до момента высева семян в почву, а также от прочих внешних факторов. В связи с этим, получение однозначного ответа об эффективности того или иного метода обработки, а также поиск путей их дальнейшего совершенствования представляется весьма трудно разрешимой задачей.

Воздействие на семена с целью предпосевной обработки может осуществляться также низкочастотными электромагнитными полями, и если обработке постоянными, высокочастотными и сверхвысокочастотными полями посвящено большое количество работ, то в случае эффектов и механизмов воздействия низкочастотных электромагнитных полей на посевные качества семян пока имеются лишь отдельные эмпирические данные. Тем не менее, имеются указания на то, что такого рода воздействие на посевной материал может давать существенный положительный эффект [3]. Таким образом, существует необходимость дальнейшего исследования воздействия данного физического фактора на посевные качества семян и совершенствования методов предпосевной обработки с его использованием.

Немаловажной в данном вопросе является проблема выбора свойств и характеристик зерна при оценке влияния предпосевной обработки на посевные качества. Критерий для оценки эффективности предпосевной обработки должен не только давать возможность оценить эффективность различных воздействий на семена, но и по возможности получать эти данные в короткие сроки. Так, сама величина урожайности является лучшим показателем эффективности, но проведение эксперимента в данном случае занимает весьма длительное время.

Исследования посевных качеств семян пшеницы, выявили положительную корреляцию средней силы между полевой всхожестью и урожайностью [4]. Водопоглощение семян является важным свойством, характеризующим их жизнеспособность. Многими исследователями интенсивность водопоглощения напрямую связывается с посевными качествами семян – с их полевой всхожестью, а как следствие, и с урожайностью. Поэтому именно водопоглощение было выбрано нами в качестве критерия, определяющего потенциальную урожайность.

Определение критерия оценки, дает возможность перейти к решению задачи о теоретическом и экспериментальном обосновании технологии обработки семян электрическим полем, а также о получении технических условий на установку для предпосевной обработки семян электрическим полем, позволяющей производить обработку без внесения существенных изменений в существующие технологические процессы при производстве зерна.

Для решения задачи выбора параметров физических факторов (в нашем случае электрического поля), при которых эффект обработки будет наибольшим, необходимо рассмотреть механизм их воздействия на семя.

В работах академика РАСХН И.Ф. Бородина отмечается, что семя может рассматриваться как неупругий диэлектрик органического происхождения, который состоит из отдельных частей с различными электрическими свойствами, а последние могут иметь неоднородную микроструктуру. Исходя из данной предпосылки, рассмотрим поведение зерна в электрическом поле.

Поскольку форма зерновых частиц близка к трехосному эллипсоиду, то задача о поляризации диэлектрического эллипсоида была решена в эллипсоидальной системе координат, на основе уравнений Максвелла, записанных в дифференциальной форме [5]. В результате были получены выражения.

Для изменения объема диэлектрика:

$$\frac{V-V_0}{V} = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2} \left[\frac{\varepsilon-1}{(n\varepsilon+1-n)K} - \frac{1}{(n\varepsilon+1-n)^2} \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial P} \right)_T \right] \quad (1)$$

где V_0 – начальный объем диэлектрика; V – объем диэлектрика при внесении его в электрическое поле; ε – относительная диэлектрическая проницаемость диэлектрика; $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м – электрическая постоянная;

$\frac{1}{K} = -\frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial P} \right)_T$ – коэффициент сжимаемости тела; E – напряженность электрического поля; n – коэффициент деполяризации;

$\left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial P} \right)_T$ – коэффициент, характеризующий изменение относительной диэлектрической проницаемости диэлектрика при изменении давления P , при постоянной температуре T .

Электрокалорический эффект (количество теплоты выделяющегося в диэлектрике) описывается выражением:

Электрокалорический эффект (количество теплоты выделяющегося в диэлектрике) описывается выражением:

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН

$$Q = \frac{TV \varepsilon_0 E^2}{2} \left[\frac{\alpha(\varepsilon - 1)}{(n\varepsilon + 1 - n)} + \frac{1}{(n\varepsilon + 1 - n)^2} \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial T} \right)_P \right], \quad (2)$$

где $\alpha = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P$ – коэффициент теплового расширения; $\left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial T} \right)_P$ – коэффициент, харак-

теризующий изменение относительной диэлектрической проницаемости диэлектрика при изменении температуры T , при постоянном давлении P .

Если рассматривать водопоглощение как диффузионный процесс, происходящий через оболочку семени по первому закону Фика, то тогда поток молекул воды через оболочку толщиной ΔZ определяется по формуле

$$j = -D \frac{\Delta P}{\Delta Z}, \quad (3)$$

где j – масса воды, прошедшая через площадь $\Delta S = 1 \text{ м}^2$ за время $\Delta t = 1 \text{ с}$; $\Delta P/\Delta Z$ – градиент плотности (ΔP) молекул на расстоянии ΔZ , равному толщине оболочки семени; D – коэффициент диффузии.

Коэффициент диффузии твёрдых тел определяется по формуле

$$D = \alpha \frac{m^2}{\tau_0} e^{-\frac{A}{kT}}, \quad (4)$$

где α – коэффициент, зависящий от структуры твёрдого тела; τ_0 – постоянная, по порядку величины равная периоду собственных колебаний атомов в узлах кристаллической решётки; c ; m – межатомное расстояние, м; A – энергия активации диффузии, Дж; k – постоянная Больцмана, Дж/К; T – абсолютная температура, К.

В данном случае можно сделать допущение о том, что изменение размеров осей эллипсоида удовлетворяет условию

$$\frac{a}{a_0} = \frac{b}{b_0} = \frac{c}{c_0} = z, \quad (5)$$

где a , b , c – величины полуосей эллипсоида, помещенного в поле; a_0 , b_0 , c_0 – величины полуосей эллипсоида без поля.

Абсолютная деформация растяжения семени вдоль одной из осей будет равна

$$X = a - a_0 = za_0 - a_0 = a_0(z - 1). \quad (6)$$

При растяжении семени под действием электрического поля увеличивается не только абсолютная деформация X , но и межатомное расстояние m :

$$X = \Delta m \cdot N_x, \quad (7)$$

где $\Delta m = m - m_0$ – изменение межатомных расстояний при деформации; $N_x = \frac{a_0}{m_0}$ – число атомных слоев вдоль оси x . Отсюда

$$m = m_0 \left(\frac{X}{a_0} + 1 \right). \quad (8)$$

Подставив (6) в (8), получим:

$$m = m_0 \left(\frac{a_0(z - 1)}{a_0} + 1 \right) = m_0 z. \quad (9)$$

При увеличении объема семени толщина его оболочки будет уменьшаться от ΔZ_0 до ΔZ . Определим изменение толщины оболочки.

Исходя из предположения о том, что оболочка претерпевает упругую деформацию можно записать приближенно

$$S \Delta Z = S_0 \Delta Z_0, \quad (10)$$

где S и S_0 – площадь поверхности эллипсоида.

Для того чтобы воспользоваться выражением (10), необходимо знать площадь семени. Формулу площади поверхности эллипсоида нельзя выразить при помощи простейших функций, хотя выражение известно:

$$S(a, b, c) = 2\pi \left[c^2 + \frac{bc^2}{\sqrt{a^2 - c^2}} \int_0^\theta \frac{1}{\sqrt{1 - g^2 \sin^2(t)^2}} dt + b\sqrt{a^2 - c^2} \int_0^\theta \sqrt{1 - g^2 \sin^2(t)^2} dt \right],$$

где параметры θ и g определяются как

$$\theta = \arcsin \left(\sqrt{1 - \frac{c^2}{a^2}} \right),$$

$$g = \frac{a^2}{b^2} \cdot \frac{b^2 - c^2}{a^2 - c^2}.$$

Ввиду сложности вычислений площади поверхности зерна по приведенному выше выражению целесообразно воспользоваться приближенными методами вычисления. Площадь эллипсоида определим по приближенной формуле К. Томсена [6]:

$$S(a, b, c, p) = 4\pi \left(\frac{a^p \cdot b^p + a^p \cdot c^p + c^p \cdot b^p}{3} \right)^{\frac{1}{p}}, \quad (11)$$

где p – параметр, при $p = 1,6075$ максимальная относительная погрешность составит 1,061 %.

Выражение (10) с учетом выражений (5) и (11)

$$\frac{S}{S_0} = \frac{\Delta Z_0}{\Delta Z} = z^2.$$

Отсюда можно выразить толщину покрова семени

$$\Delta Z = \frac{\Delta Z_0}{z^2}. \quad (12)$$

На основании полученных выражений для межатомных расстояний (9) и толщины покрова семян (12) запишем формулу для водопоглощения:

$$J = -\alpha \frac{m^2}{\tau_0} e^{-\frac{A}{kT}} \frac{\Delta P}{\Delta Z} = -\alpha \frac{m_0^2 z^2}{\tau_0} e^{-\frac{A}{kT}} \frac{\Delta P}{\Delta Z_0} z^2.$$

Относительное водопоглощение:

$$I = \frac{J}{J_0} = z^4, \quad (13)$$

где $J_0 = -\alpha \frac{m^2}{\tau_0} e^{-\frac{A}{kT}} \frac{\Delta P}{\Delta Z_0}$ - водопоглощение без воздействия электрического поля.

Объем трехосного эллипсоида вычисляется как $V = \frac{4}{3} \pi abc$, с учетом выражения (5):

$$V = V_0 z^3 \quad (14)$$

Подставив (14) в (1) получим

$$1 - \frac{1}{z^3} = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2} \left[\frac{\varepsilon - 1}{(n\varepsilon + 1 - n)K} - \frac{1}{(n\varepsilon + 1 - n)^2} \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial P} \right)_T \right]. \quad (15)$$

Выразив из (15) z и подставив его в (13) получим связь величины относительного водопоглощения и напряженности электрического поля:

$$I = \left\{ 1 - \frac{\varepsilon_0 E^2}{2} \left[\frac{\varepsilon - 1}{(n\varepsilon + 1 - n)K} - \frac{1}{(n\varepsilon + 1 - n)^2} \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial P} \right)_T \right] \right\}^{\frac{4}{3}}. \quad (16)$$

Определим значение напряженности электрического поля при котором достигается максимум функции. Для удобства анализа произведем замену:

$$\lambda = \frac{\varepsilon_0}{2} \left[\frac{\varepsilon - 1}{(n\varepsilon + 1 - n)K} - \frac{1}{(n\varepsilon + 1 - n)^2} \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial P} \right)_T \right],$$

соответственно, получим функцию вида

$$I(E) = (1 - \lambda E^2)^{\frac{4}{3}}.$$

Анализируя полученную функцию, можно определить значение напряженности электрического поля, при котором предпосевная обработка будет наиболее эффективна. Оптимальное значение напряженности зависит от физических свойств семян, и должно определяться индивидуально.

Таким образом, было получено аналитическое выражение, описывающее изменение водопоглощения семян зерновых культур под действием электрического поля. Для практического применения при расчетах необходимо определение параметров полученного выражения. Ниже приведены выражения, по которым определялись параметры уравнения (16).

Коэффициент объемного расширения α определяется как

$$\alpha = 3 \frac{\Delta a}{a(T_2 - T_1)}. \quad (17)$$

Коэффициент сжимаемости β определяется согласно следующему выражению:

$$\beta = -3 \frac{\Delta a}{aP}, \quad (18)$$

где Δa – изменение линейного размера зерна вдоль его большей полуоси при температурах T_1 и T_2 , соответственно ($T_1 < T_2$); a – длина зерна вдоль его большей полуоси; P – внешнее давление на зерно.

Диэлектрическая проницаемость зерна^А

$$\varepsilon = \frac{\varphi C_0 d}{\varphi_0 \varepsilon_0 \pi R_x^2} - 2 \frac{\varepsilon_{II} h (2R_x + h)}{R_x^2}. \quad (19)$$

Коэффициент $\left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial T} \right)_P$ определяется по

следующему выражению:

$$\left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial T} \right)_P = \frac{(\varphi_2 - \varphi_1) C_0 d}{\varphi_0 \varepsilon_0 \pi R_x^2 (T_2 - T_1)} - 2 \frac{\varepsilon_{II} h (2R_x + h)}{R_x^2}, \quad (20)$$

а значение $\left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial P} \right)_T$ как

$$\left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial P} \right)_T = \frac{(\varphi_2 - \varphi_1) C_0 d}{\varphi_0 \varepsilon_0 \pi R_x^2 (P_2 - P_1)} - 2 \frac{\varepsilon_{II} h (2R_x + h)}{R_x^2}, \quad (21)$$

где $R_x = 25$ мм - радиус верхнего электрода;

$\varepsilon_{II} = 5$ - относительная диэлектрическая проницаемость материала перегородки (гетинакс); $h = 2$ мм – толщина перегородки; C_0 - емкость эталонного конденсатора; d - расстояние между обкладками; $\varphi, \varphi_2, \varphi_1$ - угол отклонения стрелки гальванометра при измерении диэлектрической проницаемости зерна; φ_0 - угол отклонения стрелки гальванометра при измерении емкости эталонного конденсатора.

Для определения n пользовались электрокалорическим эффектом, наблюдаемым при помещении диэлектриков во внешнее электрическое поле (2), из которого с учетом

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН

количества теплоты поглощаемого зерном при нагревании получим выражение:

$$n = \frac{1}{(\varepsilon - 1)} \left(\frac{\alpha(\varepsilon - 1) + \sqrt{\alpha(\varepsilon - 1)^2 + \frac{8cM(T - T_0)}{(V_E - V_{II})TE^2\varepsilon_0} \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial T} \right)_P}}{\frac{4cM(T - T_0)}{(V_E - V_{II})TE^2\varepsilon_0} (\varepsilon - 1)} - 1 \right), \quad (22)$$

где T_0 - начальная температура зерна, К; T - конечная температура зерна, К; $c = 1,51$ кДж/(кг·К) – удельная теплоемкость зерна пшеницы; M – масса зерна; V – объем зерна.

По результатам проведенных экспериментов были рассчитаны параметры выражения (6) по формулам (17) - (22), и построен график зависимости теоретического водопоглощения от напряженности электрического поля, приведенный на рисунке 1.

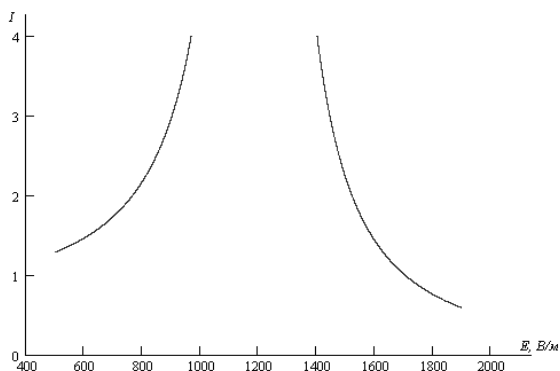


Рисунок 1 - Теоретическая зависимость водопоглощения

Расчет, произведенный по выражению (16) и график показывают, что точка разрыва теоретической функции водопоглощения в которой функция принимает максимальные значения – $E_{max} \approx 1200$ В/м.

Итак, после определения оптимальной напряженности электрического поля аналитическим путем, необходимо экспериментальное подтверждение полученных данных. Для этого, а также в целях производственной апробации предложенного метода предпосевной обработки, было принято решение о разработке соответствующей установки.

Ввиду распространенности ленточных конвейеров, используемых для транспортирования зерна при загрузке и разгрузке сельскохозяйственных агрегатов, установку для предпосевной обработки целесообразно так-

же выполнить на основе ленточного транспортера. Такое решение хорошо известно [7] и позволит сократить количество используемых в технологическом процессе устройств и избежать включения дополнительных производственных этапов.

Для эффективного функционирования установки необходимо определение точного значения напряженности электрического поля в зоне обработки посевного материала. Поскольку на распределение напряженности электрического поля в пространстве оказывает влияние пространственная конфигурация установки, возникает необходимость воспользоваться соответствующей математической моделью.

Математическое описание электрического поля в зоне обработки посевного материала можно получить воспользовавшись методом конечных элементов и зеркальных изображений, подробно рассмотренном в [8]. Данный подход позволяет определить напряженность электрического поля в пространстве с высокой точностью.

В общем случае установку можно заменить совокупностью из N цилиндрических проводников с длиной L_k с радиусами $r_{эк}$, где $k \in N$. Заряд, наведенный на проводниках, не является постоянным по всей длине проводника и зависит от конкретной его точки. Общее число проводов обозначим $N_{пр}$. Линейный заряд на проводе не является постоянным по всей длине, и его обозначаем $\tau_{пр}$, а радиус провода - $r_{0пр}$. Влияние заземленного металлического листа заменим фиктивными зарядами, как для проводников τ'_k , так и для проводников $\tau'_{пр}$.

Поместим точку наблюдения поочередно вначале на поверхность всех цилиндрических проводников и, учитывая, что потенциал всех проводников равен нулю, а затем, последовательно на поверхность всех проводов, получим систему интегральных уравнений:

$$\left\{ \begin{aligned} 0 &= \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \left[\sum_{k=1}^N \left(\int_{L_k} \frac{\tau_k(l_k) dl_k}{R_{k1}} - \int_{L_k} \frac{\tau_k(l_k) dl_k}{R'_{k1}} \right) + \sum_{v=1}^{N_{np}} \int_{l_{np}} \left(\frac{\tau_{npv}(l_v) dl_v}{r_{v1}} - \int_{L_v} \frac{\tau_{npv}(l_v) dl_v}{r'_{v1}} \right) \right]; \\ \dots \\ \varphi_{Nnm} &= \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \left[\sum_{k=1}^N \left(\int_{L_k} \frac{\tau_k(l_k) dl_k}{R_{kNnN}} - \int_{L_k} \frac{\tau_k(l_k) dl_k}{R'_{kNnN}} \right) + \sum_{v=1}^{N_{np}} \int_{l_{np}} \left(\frac{\tau_{npv}(l_v) dl_v}{r_{vNnN}} - \int_{L_v} \frac{\tau_{npv}(l_v) dl_v}{r'_{vNnN}} \right) \right]. \end{aligned} \right. \quad (23)$$

где $\tau_k(l_k)$ - линейный заряд k -го проводника на его элементарном участке dl_k ; R_{kM} - расстояние от элементарного участка dl k -го проводника до точки M ; R'_{kM} - расстояние от элементарного участка dl зеркального изображения k -го проводника до точки M ; r_{vM} - расстояние от v -го элементарного участка dl провода до точки M ; r'_{vM} - расстояние от элементарного участка dl зеркального изображения v -го провода до точки M , l_{np} - длина проводника.

тарного участка dl зеркального изображения v -го провода до точки M , l_{np} - длина проводника.

Систему (23) решим методом квадратурных формул. Тогда ее, можно заменить системой линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) вида

$$\left\{ \begin{aligned} \alpha_{11}\tau_1 + \dots + \alpha_{N_g,1}\tau_{N_g} + \dots + \alpha_{N_g+N_{np}g_{np},1}\tau_{N_g+N_{np}g_{np}} &= 0; \\ \dots \\ \alpha_{1,N_g}\tau_1 + \dots + \alpha_{N_g,N_g}\tau_{N_g} + \dots + \alpha_{N_g+N_{np}g_{np},N_g}\tau_{N_g+N_{np}g_{np}} &= 0; \\ \alpha_{1,N_g+1}\tau_1 + \dots + \alpha_{N_g,N_g+1}\tau_{N_g} + \dots + \alpha_{N_g+N_{np}g_{np},N_g+1}\tau_{N_g+N_{np}g_{np}} &= \varphi'_{np1}; \\ \dots \\ \alpha_{1,N_g+N_{np}g_{np}}\tau_1 + \dots + \alpha_{N_g,N_g+N_{np}g_{np}}\tau_{N_g} + \dots + \alpha_{N_g+N_{np}g_{np},N_g+N_{np}g_{np}}\tau_{N_g+N_{np}g_{np}} &= \varphi'_{N_{np}} \end{aligned} \right. \quad (24)$$

или в матричной форме записи

$$\left\{ \begin{aligned} [\alpha_{ij}][\tau_i] &= [0]; \\ [\alpha_{ij}][\tau_i] &= [\varphi'_i], \end{aligned} \right. \quad (25)$$

где i - номер истока участка проводника (провода, троса) с линейной плотностью τ_i , j - номер узловой точки расчета, $\varphi'_i = \varphi_i 4\pi\epsilon\epsilon_0$ -

$$\alpha_{ij} = \ln \frac{(x_B + 0,5\Pi + \sqrt{x_B(x_B + \Pi) + D})(x_H + 0,5\Pi' + \sqrt{x_H(x_H + \Pi') + D'})}{(x_H + 0,5\Pi + \sqrt{x_H(x_H + \Pi) + D})(x_B + 0,5\Pi' + \sqrt{x_B(x_B + \Pi') + D'})}, \quad (26)$$

где

$$\Pi = 2 \cos^2 \beta_k (tg \beta_k \Phi - x_j \cos^2 \gamma_k - \cos^2 \gamma_k tg \gamma_k \mathcal{K});$$

$$D = \cos^2 \beta_k (x_j^2 \cos^2 \gamma_k + \Phi^2 + \cos^2 \gamma_k \mathcal{K}^2);$$

$$\Phi = \cos \gamma_k (z_{Hk} - z_j) - tg \beta_k x_{Hk};$$

$$\mathcal{K} = tg \gamma_k x_{Hk} + y_j - y_{Hk};$$

$$\Pi' = 2 \cos^2 \beta_k (-tg \beta_k \Phi' - x_j \cos^2 \gamma_k - \cos^2 \gamma_k tg \gamma_k \mathcal{K}');$$

$$D' = \cos^2 \beta_k (x_j^2 \cos^2 \gamma_k + \Phi'^2 + \cos^2 \gamma_k \mathcal{K}'^2);$$

$$\Phi' = \cos \gamma_k (-z_{Hk} - z_j) + tg \beta_k x_{Hk};$$

$$\mathcal{K}' = tg \gamma_k x_{Hk} + y_j - y_{Hk};$$

x_H и x_B - нижние и верхние пределы изменения участка проводника, по которому производится интегрирование.

Поскольку при достаточно большом количестве разбиений СЛАУ получается высоко-

приведенное значение потенциала. В качестве узловых (расчетных) точек выбраны середины элементарных участков проводников, проводов.

Потенциальные коэффициенты могут быть выражены как

кой размерности, то предлагается для ее решения использовать метод Холецкого с фазовой обработкой.

Для переменного напряжения под значениями потенциалов и линейных зарядов следует понимать их комплексные значения. После нахождения зарядов на каждом элементарном участке проводников напряженность в любой точке поля может быть найдена по принципу наложения.

Эффект обработки, зависит от многих факторов, таких как сорт и качество обрабатываемых семян, длительность обработки и параметры воздействующего фактора, время обработки до момента высева семян в почву, а также от прочих внешних факторов.

Биологическое действие электрического поля на зерно, зависит от его параметров: напряженности поля E , температуры T и

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН

влажности ψ обрабатываемого зерна, частоты f , формы поля Φ , времени воздействия t , так что эффект \mathcal{E} является сложной функцией перечисленных факторов:

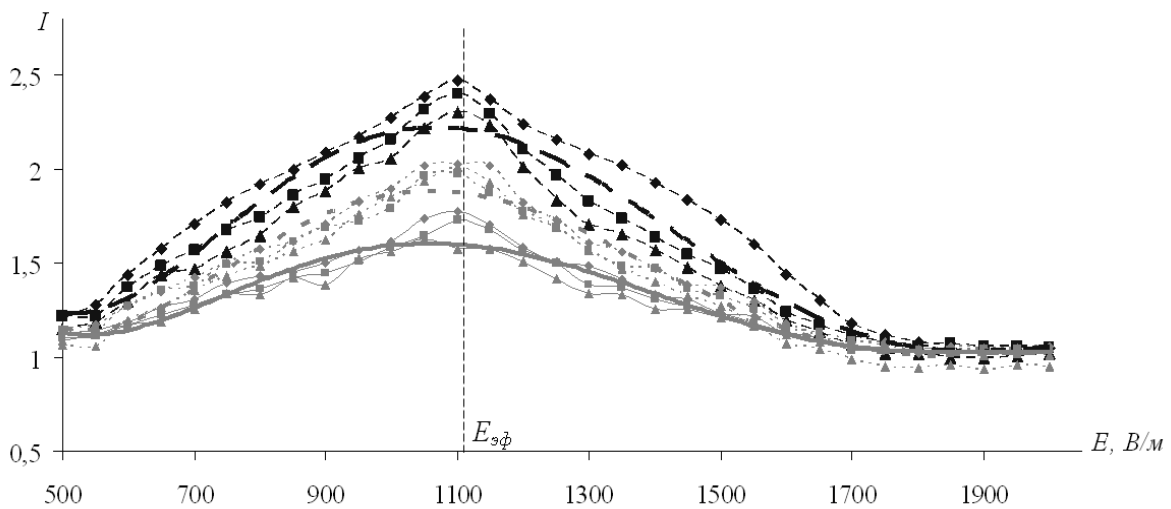
$$\mathcal{E} = F(E, T, f, \Phi, \tau, \psi). \quad (27)$$

Для определения экспериментальных зависимостей водопоглощения от напряженности электрического поля была поставлена серия опытов, результаты которых приведены на рисунках 2-5.

На основе литературных данных и предварительных исследований в качестве основных факторов, оказывающих влияние на

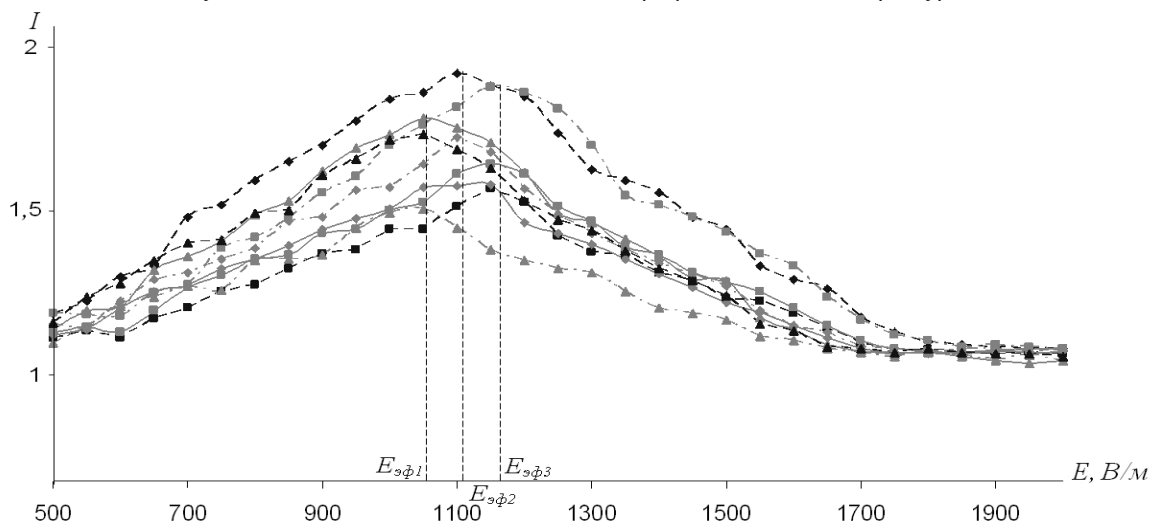
эффект обработки принимались напряжённость электрического поля, время нахождения семени в электрическом поле, влажность зерна и температура.

Для выявления зависимости водопоглощения от температуры проведен опыт по определению наиболее эффективного значения напряженности электрического поля для различных сортов и температур, при этом остальные параметры (влажность, время экспозиции семян в поле и частота поля) оставались постоянными.



Характеристики водопоглощения семян измерялись для различных температур: 15 °C (—), 22 °C (.....), 33 °C (-----). Кривые для различных сортов имеют вид: \blacklozenge - сорт «Алтайская 530», \blacksquare - сорт «Алтайская 325», \blacktriangle - сорт «Ирень».

Рисунок 2 – Изменение водопоглощения при различных температурах



Различные линии на графике соответствуют различным частотам электрического поля: 18 Гц – -----, 23 Гц – —, 8 Гц –

Рисунок 3 - Изменение водопоглощения при различных частотах

При фиксированных прочих параметрах проводились группы опытов для тех же сортов при различных частотах электрического поля. Измерения проводились при температуре 33 °С. Следующая группа экспериментов имела своей целью установление зависимостей изменения водопоглощения от напря-

женности электрического поля при различных значениях экспозиции посевного материала.

Последняя группа экспериментов была направлена на исследование изменения водопоглощения от напряженности электрического поля при различных значениях влажности.

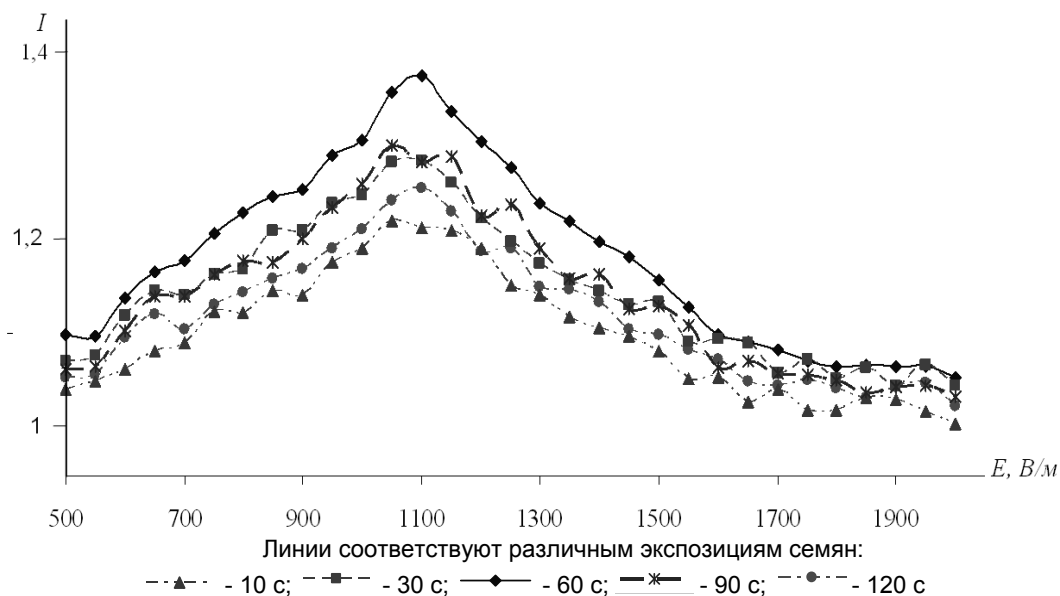


Рисунок 4 – Изменение водопоглощения при различных временах экспозиции семян в поле



Рисунок 5 – Изменение водопоглощения при различных значениях влажности

Анализируя все полученные данные, можно заключить, что наибольшее воздействие на изменение водопоглощения зерен

оказывают температура и частота воздействующего электрического поля. В то же время, величина влажности и времени экспозиции

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН

семян в электрическом поле в рассматриваемых нами диапазонах их вариации оказывают значительно меньшее влияние, по сравнению с названными величинами. Для разных сортов эффективное значение напряженности электрического поля не зависит от влажности и времени экспозиции, но связано с частотой приложенного электрического поля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Будаговский, А.В. Лазерная стимуляция в растениеводстве: способы и технологические приемы облучения [Текст] / А.В. Будаговский // Лазерные технологии в сельском хозяйстве. – М.: Техносфера, 2008. – С. 89-117.

2. Фирсов, В.Ф. Повышение болезнеустойчивости и урожайности сельскохозяйственных культур воздействием на семена электромагнитным излучением низкой частоты и микро- и макроэлементами (Рекомендации) [Текст] / В.Ф.Фирсов [и др.]. - Мичуринск, 2005. - 19 с.

3. Аширов, А.М. Применение информационных агротехнологий для повышения урожайности сельскохозяйственных культур [Текст] / А.М. Аширов, Р. Абдусаттаров, К. Рыскулбекова, А.А. Аюлова // Геология, география и глобальная энергия. – Астрахань: Изд-во ГОУ ВПО "Астраханский государственный университет", 2010. - №2(37). – С. 10 – 13.

4. Куркова, И.В. Влияние посевных качеств на урожайность зерна при возделывании сортов

яровой мягкой пшеницы в различных экологических групп в условиях Амурской области [Текст] / И.В. Куркова, М.В. Терехин // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. - Барнаул: Изд-во АГАУ, 2007. - №12(38). – С. 5-8.

5. Ландау, Л.Д. Теоретическая физика [Текст]: учеб. пособие для ВУЗов. В 10 т. Т. 8. Электродинамика сплошных сред / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – М.: Наука, 1982. – 624 с.

6. Миронов, Н.А. Процессы переноса в телах эллипсоидальной конфигурации / Н.А. Миронов, А.А. Сергеева, В.С. Косачев, Е.П. Кошевой // Процессы и аппараты пищевых производств [Электронный ресурс]: электрон. науч. журн. / Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий. - Электрон, журн. – СПб.: СПбГУНИПТ, 2006-2010. – Режим доступа: <http://processes.open-mechanics.com>. – Загл. с экрана.

7. Шихсаидов, Б.И. Методы послеуборочной и предпосевной обработки семян с использованием электрического поля [Текст] / Б.И. Шихсаидов, С.В. Бедоева, М.М. Абачараев, И.Б. Шихсаидов // Вестник Дагестанского научного центра. – Махачкала: Изд-во ДНЦ РАН, 2009. – №35. – С. 11-17.

8. Белицын, И.В. Алгоритм расчета электрического поля ВЛЭП на основе метода эквивалентных зарядов [Текст] / И.В. Белицын, А.В. Макаров // Ползуновский вестник. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2007. - №4. – С.134 – 140.

Старухин Р.С., аспирант каф. «Электроснабжение промышленных предприятий», АлтГТУ им. И.И. Ползунова, тел. 8(3852) 29-07-76.