

## ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ФОРМИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И ПРОЦЕССОВ АКТИВАТОРА С ДВИЖУЩИМСЯ СЛОЕМ СЕМЯН

Хныкина А. Г., Рубцова Е. И., Стародубцева Г. П.

*ФГБОУ ВПО «Ставропольский государственный аграрный университет», Ставрополь, Россия (355017, Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12), e-mail: [elen.68@bk.ru](mailto:elen.68@bk.ru)*

В работе рассмотрены факторы, влияющие на формирования электрических параметров активатора при наличии движущегося слоя семян. Предложен способ определения оптимальной толщины семенного слоя для электрической обработки на примере семян гороха. Введен коэффициент формы для количественного анализа характеристик слоя семян. Изложенный материал позволяет сделать вывод, что при плотном размещении семян в условно однородном слое единичный объем со среднегеометрическим размером семени содержит само семя и объем воздуха. Полученный вывод является важным критерием при оценке электрических параметров слоя семян, эквивалентной схемы замещения.

Ключевые слова: низковольтный активатор, слой семян, электрические параметры, физические свойства, режимы.

## FACTORS INFLUENCING ON THE FORMATION PARAMETERS AND PROCESSES ACTIVATOR WITH MOVING LAYER SEEDS

Hnykina A. G., Rubtsova E. I., Starodubtseva G. P.

*Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia (355017, Stavropol, trans. Zootechnical, 12), e-mail: [elen.68@bk.ru](mailto:elen.68@bk.ru)*

The paper discusses the factors affecting the formation of the electrical parameters of the activator in the presence of a moving layer of seeds. We propose a method for determining the optimum thickness of the seed layer for the electrical treatment on the example of peas. Introduced the form factor for the quantitative analysis of the seed layer. The material suggests that the dense placement of seed in relatively homogeneous layer of unit volume with geometric mean size of the seed contains the seed itself and the amount of air. This conclusion is an important criterion in the evaluation of electrical parameters of the layer of seeds, equivalent circuit.

Keywords: low-voltage activator, seed layer, electrical parameters, physical properties, modes.

В решении важной народнохозяйственной проблемы увеличения производства продукции растениеводства, наряду с обычными агротехническими приемами, существенное значение в улучшении посевных качеств семян имеет предпосевная обработка семян электромагнитным полем [4, 5, 7, 9, 10, 12].

Для формирования электрических параметров и описания процессов, происходящих в активаторе при наличии движущегося слоя семян, необходимо учитывать ряд факторов. В настоящей статье рассмотрим некоторые из них.

Одним из немаловажных факторов является анатомическое строение семян растений. Структурной и функциональной единицей семени является клетка, имеющая помимо биологических, химических свойств, ряд физических характеристик. Например, электрическое сопротивление: мембраны – 106 Ом и более; протоплазмы – 103 Ом и более; относительная диэлектрическая проницаемость: мембраны – 2–9; протоплазмы – 40–80 [2, 6, 13].

Неоднородность составных компонентов различной зерновой массы обуславливает её физические свойства. Эти особенности также учитываются при разработке технологических схем работы активатора с движущимся слоем.

Зерновая масса обладает хорошей сыпучестью. Степень сыпучести зерновой массы неодинакова и зависит от формы, размера, состояния и характера поверхности зерна, а также от формы и состояния поверхности, по которой перемещают зерно [8, 13].

Наибольшую сыпучесть имеют партии, состоящие из зерна шарообразной формы с гладкой поверхностью (горох, просо и др.). Большое влияние на сыпучесть зерновой массы оказывает её влажность, однако из-за жестких нормативных требований к семенному материалу это не существенно.

Сыпучесть характеризуется двумя показателями – углом естественного откоса и углом трения. За угол естественного откоса принимают угол между диаметром основания и образующей конуса, получающегося при свободном падении зерна на горизонтальную плоскость. Чем меньше угол естественного откоса, тем больше сыпучесть [13].

Углом трения зерна о поверхность считается наименьший угол, при котором зерно начинает самотёком перемещаться по наклонной плоскости. Величина угла естественного откоса будет равна углу трения зерна по зерну. При проектировании уклона днищ бункеров, а также при выборе угла наклона самотёчных транспортеров выбирают наибольшие углы трения. В лабораторных условиях угол естественного откоса определяют методом высыпания зерна из воронки [3].

Аэродинамические свойства семян характеризуются сопротивлением, которое оказывает воздушная среда их движению. Они зависят от размеров, плотности, формы, характера поверхности семян и характера расположения их в воздушном потоке.

Семена содержат значительное количество влаги. В кондиционных семенах содержание влаги составляет 10–15 %. Это не позволяет семена принимать в виде идеального диэлектрика. Вода является сильнополярной жидкостью ( $\epsilon = 88$ ) с низким удельным сопротивлением порядка  $10^3 - 10^4 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ . Сложный и неоднородный химический состав различных частей семян обуславливает процессы, происходящие внутри них при электрическом воздействии. Диссоциация ионов и молекул способствует уменьшению электрического сопротивления. Возрастание приложенного напряжения приводит к увеличению подвижности ионов, образованию объемных зарядов и, в итоге, к снижению сопротивления. При высоких напряжениях происходит вырывание электронов из атомов, создаются условия для пробоя. Поэтому количественная оценка электрических параметров семян не может ограничиваться только диэлектрической проницаемостью. Обязателен учет величин объемной, поверхностной электропроводности, а также пробивного напряжения.

Семенной слой является составной структурой, состоящей из двух компонент семян и воздуха. Двухкомпонентные структуры разделяют на два типа матричные и взаимопроникающие [11].

Слой семян допустимо принимать матричной структурой, в которой воздух является матрицей, а семена наполнителем. При анализе объемного слоя семян необходимо учитывать особенности его геометрии. При горизонтальном исполнении слоя его высота незначительна по сравнению с другими размерами. Использование, например, значения объемной плотности семян для слоя дает большую погрешность.

Количественная оценка заполнения объема структуры и тем более расчетное определение параметров весьма проблематично. Для семян, имеющих большое разнообразие форм и размеров, слой является структурой, требующей детального теоретического и экспериментального исследования.

Чем плотнее расположены семена в слое по объему, тем прочнее между ними контакт и, чем больше в единице объема таких контактов, тем однороднее структура. В образовании однородной структуры большое значение имеет гранулометрический состав. Каждое зерно соприкасается в нескольких точках с другими зернами.

Проведем анализ заполнения слоя между семенами гороха [1, 14].

Если взять семена гороха имеющих форму шариков одинакового размера, то наибольшее количество семян можно уместить в данный объем, если расстояния между ними будут равны удвоенному радиусу.

Несмотря на то, что шары максимально плотно прилегают друг к другу, между ними все же остаются пустоты – «лунки». Следующий слой по условиям плотной упаковки должен помещаться в лунках предыдущего. Однако невозможно разместить шары следующего слоя во всех лунках, так лунок в 2 раза больше. Заполненной окажется только половина. Между шарами разных слоев определились объемные пустоты. Пустоты относятся к двум различным типам. Одни сквозные и окружены 6 шариками, а другие несквозные и окружены 4 шариками. Центры шаров, окружающих пустоты первого типа, расположены по вершинам октаэдра (октаэдрические пустоты), а шаров, окружающих пустоты второго типа, – по вершинам тетраэдра (тетраэдрические пустоты). Тетраэдрические пустоты имеют меньшие размеры, чем октаэдрические.

Каждый последующий слой располагается в лунках предыдущего. Тип упаковки будет определяться тем, как заполняются третий и последующие слои. Частицы третьего слоя могут быть размещены двумя способами. Первый случай, когда частицы третьего слоя заполняют лунки второго типа, а второго слоя – лунки первого типа. В результате оказывается, что частицы третьего слоя располагаются над частицами первого и являются

его эквивалентом. Тогда упаковка будет состоять из двух неэквивалентных типов слоев. Шар третьего слоя располагается над тетраэдрической пустотой между вторым и первым слоями, а октаэдрические пустоты образуют сквозной канал. Рассмотренная двухслойная упаковка называется плотнейшей гексагональной [1].

Второй случай, когда шары третьего слоя располагаются в лунках того же типа, что и частицы второго слоя. В такой упаковке сквозные каналы отсутствуют. Шары третьего слоя располагаются над октаэдрическими пустотами между первым и вторым слоями. Эта трехслойная упаковка называется плотнейшей кубической. Оба типа дают степень заполнения объема частицами 74,05 %, т.е. 3/4 объема занимают шары.

Рассмотрим возможное расположение зерен гороха диаметром  $d_1$ . Предположим, что объем, размеры которого в направлении всех трех осей координат равны  $nd_1$ , заполнен горохом. Если этот объем заполнить кубиками, ребра которых равны  $d_1$ , и в каждый кубик условно вложить шар, получим неплотное заполнение объема шарами. Количество точек касания у каждого шара равно 6, а количество токопроводящих контактов  $(n + 1)$ . Координаты центров шаров во всех плоскостях совпадают. При более плотном размещении шаров координаты их центра сохраняются только относительно одной плоскости координат и изменяются параллельно двум другим плоскостям на расстояние, равное половине  $d_1$ . При этом возрастает общее количество точек касания, достигая 12. Условные слои семян сближаются. Возможно другое плотное размещение, когда центры шаров изменяют свои координаты во всех плоскостях по сравнению с первым плотным видом размещения на расстояние, равное половине  $d_1$ . Но это заполнение объема меньше, чем в первом случае, и поэтому оно не рассматривается. Слой семян, используемый при обработке, имеет толщину значительно меньше других размеров, поэтому количество слоев семян по высоте мало. Это приводит к существенному изменению плотности заполнения в зависимости от высоты слоя для различных семян [1, 11].

Рассмотрим схему контактного соприкосновения семян между собой, представленную на рисунке 1.

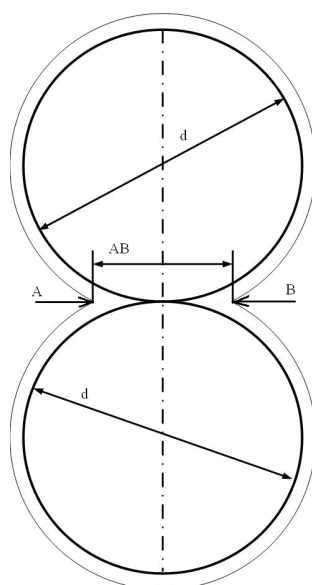


Рисунок 1. Схема соприкосновения 2-х зерен

Толстой линией очерчен основной контур горошины, тонкими линиями снаружи – контурная линия отложений на основной поверхности. Эти отложения образуются вследствие поверхностной пленки влаги, пыли, а также грибковых и бактериальных образований. Поверхностный слой этих отложений является одной из составляющих, определяющих величину поверхностной проводимости семян. Наружные области соприкасаются между собой по плоскостям, диаметры которых обозначены буквами АВ.

При неплотном размещении семена заполняют пространство объемом  $1000 \text{ см}^2$  на 52,4 % и в соприкосновениях дают только 3 % поверхностей контакта. При плотном размещении объема семена заполняют 74,1 % пространства и дают 6 % поверхностей контакта. Мелкие зерна дают значительно большее заполнение объема, а также больше поверхностей контакта. Поэтому значение электрических параметров ёмкости и сопротивления слоя определяются формой и размером семян [1, 11].

Для количественного анализа характеристик слоя семян необходимо ввести коэффициент формы, представляющий собой отношение среднегеометрического к среднеарифметическому размеру семени.

Рассмотрение анатомии зерен показывает различие точек внешней поверхности. При контакте с металлическим электродом зерна и зерен друг с другом существенно влияет место контакта. Для получения электрической однородности в слое семян необходимо определять минимально допустимое число контактируемых семян в последовательной электрической цепи между двумя электродами. Следовательно, оптимальная толщина семенного слоя для электрической обработки в зависимости от размеров зерен и их формы будет различной.

Число точек контакта с электродом определяется выражением

$$N_k = \frac{S_{cl}}{R^2_z} \quad (1)$$

где  $N_k$  – число касаний;

$S_{cl}$  – оптимальная толщина семенного слоя, мм;

$R^2_z$  – средне геометрический размер зерен, мм.

Число контактов семян между собой является случайной величиной и будет зависеть от геометрической формы активатора, формы и размеров семян, способа засыпки и перемещения семян и др.

Проведенный анализ позволяет сделать следующий вывод. При плотном размещении семян в условно однородном слое единичный объем со среднегеометрическим размером семени содержит само семя и объем воздуха. Оценка электрических параметров слоя семян, эквивалентная схема замещения должны основываться на этом.

В лабораторных экспериментах использовались активаторы со значительным воздушным промежутком между электродом и слоем семян. Этот воздушный промежуток фактически является токоограничивающим сопротивлением, гасящим избыточное напряжение, а также препятствующим прохождению тока проводимости. Реально на слой семян воздействует только часть напряжения и зачастую низкое напряжение. В большинстве исследований этот факт не выделяется и измерительную оценку не производят. При разработке и создании пилотного образца промышленной установки поставлена цель: устранить избыток напряжения.

Этот факт ставит необходимость дополнительного исследования слоя семян как электрической нагрузки с целью получения достоверных данных о напряженности поля в слое семян.

### Список литературы

1. Бокий Г. Б. Кристаллохимия. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: НАУКА, 1971. – 400 с.
2. Метцлер Д. Биохимия. Химические реакции в живой клетке. Т. 1 // Химический каталог: [http://www.ximicat.com/ebook.php?file=metsler\\_1\\_bio.djv&page=144](http://www.ximicat.com/ebook.php?file=metsler_1_bio.djv&page=144) (дата обращения: 03.12.12).
3. Минсельхоз РФ Нормы технологического проектирования семейных ферм зернового направления и зернообрабатывающих предприятий малой мощности (НТП 16 М-93) 29.10.93 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://doc-load.ru/SNiP/Data1/9/9807/index.htm> (дата обращения: 03.12.12).

4. Оськин С. В., Хныкина А. Г., Рубцова Е. И. Необходимость повышения посевных качеств мелкосеменных овощных культур ИЭП. Научный журнал «Университет. Наука. Идеи и решения», Кубанский ГАУ. – 1/2010. – 3 с.
5. Разработка способа предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур импульсным электрическим полем (ИЭП) и экономическое обоснование его использования / Г. П. Стародубцева, Е. И. Рубцова, Е. И. Лапина, И. А. Боголюбова и соавт. // Политематический сетевой электронный научный журнал Куб ГАУ. – 2012. – № 75 (01). – С. 1037-1051.
6. Разработка технологии электроимпульсного воздействия на биологические объекты для сельскохозяйственного производства севера / Усов А. Ф., Кашулин П. А., Стогова Я. А. и др. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.kolasc.net.ru/russian/sever07/sever07\\_8.pdf](http://www.kolasc.net.ru/russian/sever07/sever07_8.pdf) (дата обращения: 03.12.12).
7. Рубцова Е. И., Хныкина А. Г. Влияние импульсного электрического поля на энергию прорастания семян сои // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2009. – № 12. – С. 26-27.
8. Теоретические основы хранения зерна [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [href=http://otherreferats.allbest.ru/agriculture/00182725\\_0.html](http://otherreferats.allbest.ru/agriculture/00182725_0.html) (дата обращения: 03.12.12).
9. Хайновский В. И., Стародубцева Г. П., Рубцова Е. И. Предпосевная стимуляция семян сои импульсным электрическим полем // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2007. – № 10. – С. 17-18.
10. Хайновский В. И., Стародубцева Г. П., Рубцова Е. И. Применение импульсного электрического поля для предпосевной стимуляции семян // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2008. – № 7. – С. 9 – 11.
11. Хинт Й. А. Основы производства силикацитных изделий. – Ленинград; М.: ГИЛСАиСМ, 1962. – С. 282-284.
12. Хныкина А. Г., Рубцова Е. И., Стародубцева Г. П., Безгина Ю. А. Влияние импульсного электрического поля на микрофлору семян сельскохозяйственных культур // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6; URL: [www.science-education.ru/106-7612](http://www.science-education.ru/106-7612) (дата обращения: 05.12.2012).
13. Хранение зерна и зерновых продуктов / Пер. с англ. В. И. Дашевского, Г. А. Закладного; Предисл. Л. А. Трисвятского. – М.: Колос, 1978. – 472 с.
14. Электрические явления в возбудимых клетках: сайт doctor-V [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://doctor-v.ru/med/electrical-phenomena-excitabile-cells/> (дата обращения: 03.12.12).

**Рецензенты:**

Никитенко Геннадий Владимирович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Применение электрической энергии в сельском хозяйстве» ФГБОУ ВПО «Ставропольский государственный аграрный университет», г. Ставрополь.

Симоновский Александр Яковлевич, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры математики ФГБОУ ВПО «Ставропольский государственный аграрный университет», г. Ставрополь.

Шевхужев Анатолий Феоанович, д-р с.-х. н., профессор, директор аграрного института СКГГТА, Северо-Кавказская государственная гуманитарно-технологическая академия (СКГГТА), г. Черкесск.