

# ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ, ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

УДК 631.362.36:633

*В.И. Тарушкин, доктор техн. наук*

Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕПАРИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Три характерных участка, по которым проходят части общего потока электрической индукции в рабочем органе диэлектрических сепарирующих устройств (ДСУ), изображены на рис. 1 [1]. Первый — соприкасающиеся между собой части изоляции электродов. Этот участок характеризуется диэлектрической проницаемостью  $\epsilon_{и}$ , эффективной поверхностью  $S_{э}$ , через который проходит поток электрической индукции, и длиной  $l_{и}$ . Вторым участком — семена. У каждого семени своя диэлектриче-

ская проницаемость  $\epsilon_{з}$ , эффективная поверхность  $S_{з}$ , на которой возникают поляризованные заряды и через которую проходят части потока электрической индукции. Путь прохождения потока по соответствующему зерну равен  $l_{з}$ . Третий — воздушное межэлектродное пространство, характеризуется параметрами  $\epsilon_{в}$ ,  $S_{в}$ ,  $l_{в}$ .

На рис. 2 изображена идеализированная схема замещения элемента рабочего органа ДСУ при наличии на нем трех семян. Общая емкость рассматриваемого рабочего органа

$$C = C_{и} + \frac{C''_{иэ} C_{в}}{C''_{иэ} + C_{в}} + \frac{C'_{иэ} + C_{з1}}{C'_{иэ} + C_{з1}} + \frac{C'_{иэ} C_{з2}}{C'_{иэ} + C_{з2}} + \frac{C'_{иэ} C_{з3}}{C'_{иэ} + C_{з3}}, \quad (1)$$

где  $C_{и}$ ,  $C_{в}$ ,  $C_{з}$  — частичные емкости, образованные электродами и слоями изоляции, плотно прилегающими к друг другу, электродами и воздушными пространствами, зерном;  $C'_{иэ}$ ,  $C''_{иэ}$  — эквивалентные емкости, образованные двумя слоями изоляции, контактирующими с зерном и воздушным пространством.

Выражение (1) можно представить в таком виде:

$$C = C_{и} + C_{в} + C_{з1} + C_{з2} + C_{з3}, \quad (2)$$

где  $C_{з1}$ ,  $C_{з2}$ ,  $C_{з3}$  — емкости, обусловленные зернами.

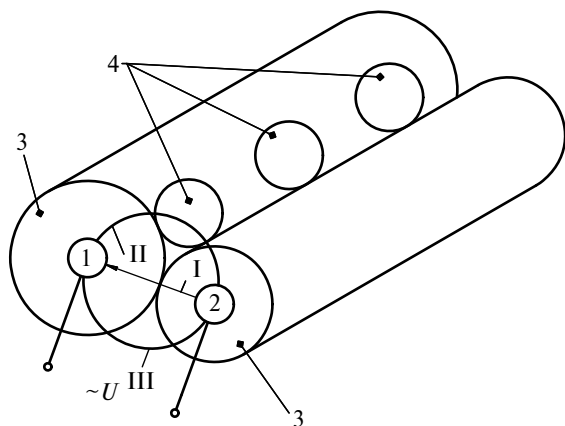


Рис. 1. Элемент рабочего органа ДСУ:  
1, 2 — электроды; 3 — изоляция; 4 — семена

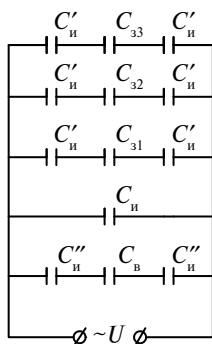


Рис. 2. Схема замещения рабочего органа ДСУ (с тремя семенами) без учета активной проводимости семян и изоляции электродов

Если учесть, что ДСУ питаются синусоидальным напряжением, общая емкость рабочего органа такова:

$$C = \frac{I}{\omega U}. \quad (3)$$

Тогда с учетом формул (2) и (3) сила общего тока, потребляемого рабочим органом ДСУ, следующая:

$$I = I_{и} + I_{в} + I_{з1} + I_{з2} + I_{з3}, \quad (4)$$

где  $I_{и}$ ,  $I_{в}$  — силы токов, протекающих через емкости, образованные изоляцией и воздухом;  $I_{з1}$ ,  $I_{з2}$ ,  $I_{з3}$  — силы токов, протекающих через емкости, образованные зернами.

Чтобы установить связи между  $Q$ ,  $E_{и}$ ,  $E_{з}$ ,  $E_{в}$ ,  $\epsilon_{и}$ ,  $\epsilon_{з}$ ,  $\epsilon_{в}$ ,  $S_{и}$ ,  $S_{з}$ ,  $S_{в}$ , воспользуемся теоремой Гаусса [2]. На основании этой теоремы поток вектора электрического смещения через замкнутую поверхность равен находящемуся внутри этой поверхности заряду:

$$Q = D_{и}S_{и} + D_{в}S_{в} + \sum_1^3 D_{зi}S_{зi}, \quad (5)$$

где  $D_{и}$ ,  $S_{и}$ ,  $D_{в}$ ,  $S_{в}$  — потоки индукции электрического поля, линии которого проходят через изоляцию и среду (1-й и 3-й участки, см. рис. 1);  $D_{зi}$ ,  $S_{зi}$  — потоки индукции электрического поля, линии которого проходят через семена, находящиеся на рабочем органе (2-й участок, см. рис. 1).

Но так как  $\vec{D} = \epsilon \vec{E}$ , выражение (5) можно представить в ином виде:

$$Q = E_{ни}S_{и}\epsilon_{и} + E_{нв}S_{в}\epsilon_{в} + \sum_{i=1}^3 E_{нзи}S_{зi}\epsilon_{зi}, \quad (6)$$

где  $E_{ни}$ ,  $E_{нв}$ ,  $E_{нзи}$  — нормальные составляющие напряженности электрического поля, силовые линии которого проходят через изоляцию, воздух, семена.

В общем виде уравнения (4) и (6) с учетом (3) для ДСУ с зернами можно записать в таком виде:

$$Q = E_{ни}S_{и}\epsilon_{и} + E_{нв}S_{в}\epsilon_{в} + \sum_{i=1}^3 E_{нзи}S_{зi}\epsilon_{зi}; \quad (7)$$

$$I = j\omega C_{и}U + jC_{в}U + \sum_{i=1}^n j\omega C_{зi}U. \quad (8)$$

Таким образом, основные процессы, происходящие в рабочих органах ДСУ, описываются теоремой Гаусса (7) и уравнением (8), синтезирующим закон Ома и первый закон Кирхгофа.

Анализ уравнений (7) и (8) позволяет выявить способы, которые совершенствуют диэлектрические сепарирующие устройства и повышают их эффективность.

Некоторые выводы, вытекающие из уравнения (7).

1. Чем больше эффективная площадь  $S_{зi}$  поверхности семени, через которую проходит поток  $\Psi_D$  вектора электрического смещения, тем больший на этой поверхности сосредоточивается заряд  $Q_i$ , который, взаимодействуя с зарядом электрода, создает и большую поляризационную силу, притягивающую зерно к электродам. Следовательно, увеличение площади  $S_{зi}$  — один из приемов повышения эффективности ДСУ.

2. Чем больше диэлектрическая проницаемость  $\epsilon_{зi}$  зерна, тем больше заряд на его эффективной поверхности  $S_{зi}$  и больше сила, прижимающая зерно к электродам. Поскольку диэлектрическая проницаемость зерен связана с их влажностью, биохимическим составом, зрелостью и другими показателями, с помощью ДСУ можно получить материал с лучшим посевным качеством, чем традиционными методами разделения [3].

3. При прочих равных условиях у семян, имеющих плоскую форму, в отличие от округлых семян, больше эффективная площадь  $S_{зi}$ . Как видно из выражения (7), с ростом  $S_{зi}$  растет заряд, а следовательно, и сила, с которой семена притягиваются к электродам. Благодаря этому на ДСУ можно очищать основную культуру от семян сорных растений, отличающихся по форме, а также разделять семена одной культуры по этому признаку. Разделять семенную смесь по форме и размерам частиц необходимо не только для поддержания сортовых свойств семян (семена, отличающиеся по форме, отличаются и по технологическим качествам, и по продуктивности) [4], но и для обеспечения лучшей работы сеялок точного посева) [3].

4. Чем больше диэлектрическая проницаемость  $\epsilon_{и}$  изоляции, тем больше заряд  $Q$  и сила, притягивающая зерно к электроду. При увеличении диэлектрической проницаемости изоляции электрическое поле в большей степени «выталкивается» из изоляции в рабочую зону ДСУ, т. е. с увеличением  $\epsilon_{и}$  напряженность  $E_{и}$  в изоляции уменьшается, а в воздушной среде (в рабочей зоне ДСУ) увеличивается.

5. Изменяя напряжение на электродах, можно управлять силовым воздействием на семена. С увеличением повышается напряженность  $E_{в}$ , которая вызывает рост  $Q$ . Рост же заряда на поверхности семени приводит к увеличению действующей на него силы.

6. Поскольку общий заряд  $Q$  рабочего органа ДСУ складывается из зарядов, сосредоточенных на различных эффективных поверхностях  $S_3, S_{и}, S_B$ , его можно перераспределять и тем самым повышать эффективность ДСУ.

7. Так как сила взаимодействия зерна с электродами зависит от зарядов, участвующих в этом взаимодействии, необходимо стремиться к тому, чтобы без повышения напряжения заряды на зерне были наибольшими.

Из анализа уравнения (8) вытекает следующее:

1. Рабочий орган ДСУ с находящимися на нем семенами можно рассматривать как устройство емкостью  $C$ , к которому электрически присоединена постоянно меняющаяся дополнительная емкость  $\Delta C$ .

2. При проектировании ДСУ нужно стремиться к снижению емкости, образуемой системой электродов, поскольку в этом случае уменьшаются общий ток установки и потребляемая мощность. Следовательно, целесообразно напряжение подавать только на ту часть рабочего органа, на которой разделяется семенная смесь.

3. Основа диэлектрической сепарации семян — их поляризация, которая зависит от напряженности электрического поля, создаваемого системой электродов. Напряженность, в свою очередь, зависит от подаваемого на электроды напряжения. Но увеличение напряжения может привести к коронированию электродов, уменьшению срока службы изоляции и др. Кроме того, в данном случае возрастают сила общего тока и потребляемая мощность установки. Поэтому при создании рабочих органов ДСУ нужно стремиться к тому, чтобы система «семена—электроды» обеспечивала наибольшую силу, при-

жимающую зерно к электродам, при минимальном напряжении.

4. ДСУ энергоэкономичны при невысокой частоте напряжения. Наиболее эффективно напряжение промышленной частоты, поскольку в этом случае довольно проста электрическая схема ДСУ. Однако с увеличением частоты напряжения у ДСУ появляется новая функция — подсушивание семян, а также более дифференцированное воздействие на них электрического поля. Последнее важно при отборе семян с заданными свойствами. Экспериментально установлено, что с повышением частоты можно несколько снизить подаваемое на электроды напряжение.

5. Всякое изменение качества и количества сепарируемого материала, как видно из выражения (8), приводит к изменению емкости ДСУ, что в свою очередь изменяет общий ток установки. Следовательно, в ДСУ заложена принципиальная возможность автоматизации процесса, а сам рабочий орган выполняет одновременно и функцию датчика тока.

#### Список литературы

1. Тарушкин, В.И. Инновационная техника отбора биологически ценных семян сельскохозяйственных культур / В.И. Тарушкин, А.П. Козлов // Техника и оборудование для села. — 2005. — № 8. — С. 27–30.
2. Поливанов, К.М. Теоретические основы электротехники. Теория электромагнитного поля / К.М. Поливанов. — М.: Энергия, 1965. — 208 с.
3. Клёнин, Н.И. Сельскохозяйственные машины. Элементы теории рабочих процессов, расчет регулировочных параметров и режимов работы / Н.И. Клёнин, И.Ф. Попов, В.А. Сақун. — М.: Колос, 1970. — 456 с.
4. Овчаров, К.Е. Разнокачественность семян и продуктивность растений / К.Е. Овчаров, Е.Г. Кизилова. — М.: Колос, 1966. — 160 с.

УДК 66.047.3.085.1: 633.85

*Н.А. Зув*

*С.П. Рудобаишта, доктор техн. наук*

Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина

*Г.А. Зуева, доктор физ.-мат. наук*

Ивановский государственный химико-технологический университет

*Е.Ю. Зотова, канд. с.-х. наук*

Ивановская государственная сельскохозяйственная академия Д.К. Беляева

## СТИМУЛЯЦИЯ СЕМЯН ЛУКА МЕТОДОМ ИМПУЛЬСНОЙ ИНФРАКРАСНОЙ ТЕРМООБРАБОТКИ

Свойства всех будущих растений во многом определяются состоянием семени: запасом питательных веществ, энергией прорастания, наличием или отсутствием возбудителей болезней. Заботясь о будущем урожае и качестве растений, можно влиять на эти факторы еще на стадии подготовки семян к посеву

(предпосевная стимуляция семян). Увеличить запас питательных веществ семени уже невозможно. Однако повысить всхожесть, усилить энергию прорастания и предотвратить развитие многих болезней можно.

Эффективным физическим способом стимуляции семян является их электрообработка перед