

УДК 669-9

https://doi.org/10.33619/2414-2948/65/27

РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МОДЕЛИ РАБОЧЕГО ОРГАНА С СИСТЕМОЙ СКРЕЩИВАЮЩИХСЯ ЭЛЕКТРОДОВ

©*Мамаджанов Б. Д.*, канд. техн. наук, Андижанский машиностроительный институт,
г. Андижан, Узбекистан, *bm02717272@gmail.com*

©*Шукуралиев А. Ш.*, Андижанский машиностроительный институт,
г. Андижан, Узбекистан, *superyigit77@mail.ru*

DEVELOPMENT OF AN EXPERIMENTAL MODEL OF A WORKING BODY WITH A SYSTEM OF CROSSING ELECTRODES

©*Mamadjanov B., Ph.D.*, Andijan Machine-Building Institute,
Andijan, Uzbekistan, *bm02717272@gmail.com*

©*Shukuraliev A.*, Andijan Machine-Building Institute, Andijan, Uzbekistan, *superyigit77@mail.ru*

Аннотация. Многочисленными исследованиями доказана высокая эффективность применения электрических методов разделения семян сельскохозяйственных культур при их очистке и сепарации, при изучении разнокачественности семян и предпосевной обработке и т. д. В статье приведены результаты исследований разделения семян на цилиндрическом рабочем органе. Приведена математическая модель процесса разделения семян.

Abstract. Numerous studies have proved the high efficiency of the use of electrical methods for separating agricultural seeds during their cleaning and separation, in the study of the different quality of seeds and pre-sowing treatment, etc. The article presents the results of research on the separation of seeds on a cylindrical working body. A mathematical model of the seed separation process is presented.

Ключевые слова: диэлектрик, электроды рабочего органа, электрическое поле, дифференциал, воздушный зазор, напряжение, масса частиц, интерпретация.

Keywords: dielectric, working body electrodes, electric field, differential, air gap, voltage, particle mass, interpretation.

Для разделения семян сельскохозяйственных культур при их очистке и сепарации, при изучении разнокачественности семян и предпосевной обработке в сельскохозяйственном производстве, в частности, используют метод диэлектрической сепарации [1–2]. Этот метод может быть реализован на цилиндрическом рабочем органе. Теория разделения частиц сыпучих смесей на цилиндрической поверхности рассмотрена в работах [3–5]. Однако в этих работах не рассматривались силы, действующие на семя и обусловленные наличием электрических полей. В целях проверки теоретических положений проведены экспериментальные исследования. На начальном этапе была разработана экспериментальная модель рабочего органа, в которой реализована система скрещивающихся электродов (Рисунок 1).

На основании каркаса, изготовленном из оргстекла, перекрестно установлены основные и дополнительные электроды, которые при необходимости могут быть заменены; для изменения межэлектродного расстояния дополнительных электродов предусмотрены пазы.

Измерения электрических сил производились с помощью торсионных весов ВТ-500 по методике, изложенной в работе на стенде, изображенном на Рисунке 2. Подача напряжения

на основные и дополнительные электроды осуществляется от двух газосветных трансформаторов ТГ-1020 отдельно. в соответствии с принципиальной электрической схемой.

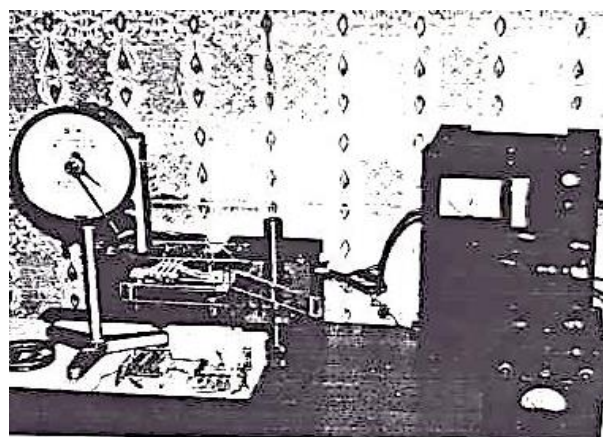
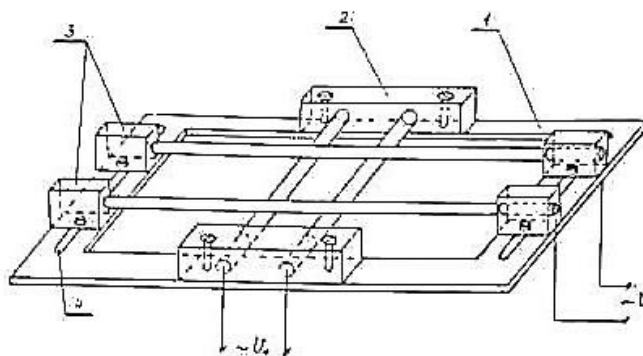


Рисунок 1. Экспериментальная модель электрических сил

Рисунок 2. Стенд для измерения электрических сил

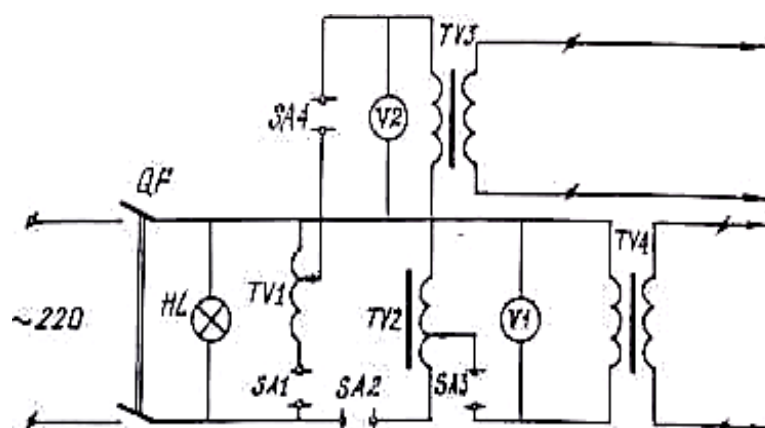


Рисунок 3. Принципиальная электрическая схема стенда для измерения сил

Высокое напряжение на электродах замеряется с помощью вольтметров VI и V2 и тарировочных кривых. В схеме предусмотрена возможность непосредственного подключения киловольтметра С-100 с пределами измерения напряжения от 0 до 7,5 кВ (класс точности 1,5).

В задачу первого эксперимента входит определение влияния дополнительных электродов на величину электрической силы. В качестве частицы использован муляж из парафина в виде шара весом $P = 9.2 \cdot 10^{-4} \text{ Нм}$. Основные и дополнительные электроды были одинаковыми: межосевые расстояния $a = b = 8 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, радиусы электродов $r_1 = r_2 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$

Анализ результатов эксперимента показывает (Рисунок 4, а), что наличие дополнительных электродов позволяет существенно увеличить реальную пондеромоторную силу [6]. Так, например, при напряжении питания электродов в 2 кВ в системе с дополнительными электродами сила, действующая на муляж, в 1,6 раза больше, чем в системе с разнесенными стержневыми электродами.

Для оценки соизмеримости электрических сил и веса частицы следует использовать показатель кратности сил $K_{\text{л}}$:

$$K_{\text{д}} = \frac{F_{\text{эл}}}{P}$$

Для рассматриваемого случая величина $K_{\text{эл}} = 1$ достигается в системе скрещивающихся электродов при напряжении 2,4 кВ, а в системе разнесенных стержневых электродов требуется напряжение 3,3 кВ, что в 1,4 раза больше.

Это подтверждает ранее сделанные теоретические выводы о том, что система скрещивающихся электродов позволяет получить большие пондеромоторные силы. Последнее дает возможность снизить напряжение питания системы электродов.

Влияние влажности окружающей среды на силовые характеристики системы цилиндрических изолированных электродов достаточно.

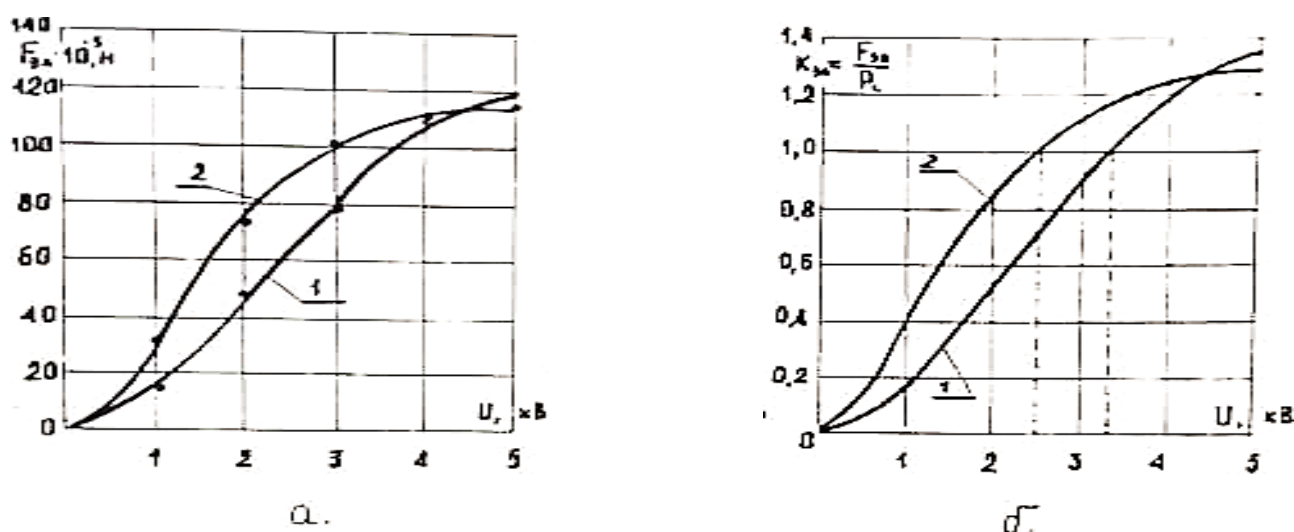


Рисунок 4. Зависимость электрической силы (а) и кратности электрических сил (е) от напряжения на электродах: 1 — в системе разнесенных стержневых электродов, 2 — в системе скрещивающихся электродов

В работе установлено, что изменение влажности окружающей среды практически не оказывает влияния на процесс диэлектрической сепарации. Поэтому подобные исследования в диссертации не приводились.

Как было отмечено в первой главе, на величину электрической силы на поверхности бифилярной обмотки влияет ориентация удлиненных семян относительно электродов. На Рисунке 5 представлены три возможных варианта расположения семени на разнесенных стержневых электродах: поперек электродов, между двумя разнесенными электродами (большая ось вертикальна) в межэлектродном зазоре большой осью вдоль электродов.

С целью изучения влияния ориентации семян на силовые характеристики были проведены описанные ниже эксперименты. В качестве семени использовался цилиндрический муляж из оргстекла диаметром $d_m = 5 \text{ мм}$ и длиной $l = 8 \text{ мм}$, массой $m = 181 \text{ мг}$. Стержневые электроды ($d_3 6 \text{ мм}$) располагались друг от друга на расстоянии $Z = 4 \text{ а} = 4 \text{ мм}$. Новые электроды ($d_3 6 \text{ мм}$) располагались друг от друга на расстоянии $Z = 4 \text{ а} = 4 \text{ мм}$.

Анализ зависимостей (Рисунки 5–6), полученных для сравниваемых систем электродов, показывает, что электрическая сила зависит от положения муляжа по отношению к основным электродам. Однако разница в величинах электрических сил при различной ориентации муляжа значительно ниже в системе со скрещивающимися электродами. Так

например при напряжении $U = 3$ кВ. В наибольшее и наименьшее значения $F_{эл}$ различаются не в 2,4 раза, как в системе с разнесенными стержневыми электродами, а лишь в 1,2 раза, т. е. влияние ориентации частицы на электрическую силу в системе скрещивающихся электродов значительно снижено.

Таким образом, используя систему скрещивающихся электродов, можно не только создать электрическое поле с высокими силовыми характеристиками, но и существенно снизить влияние ориентации удлиненных семян на величину электрической силы.

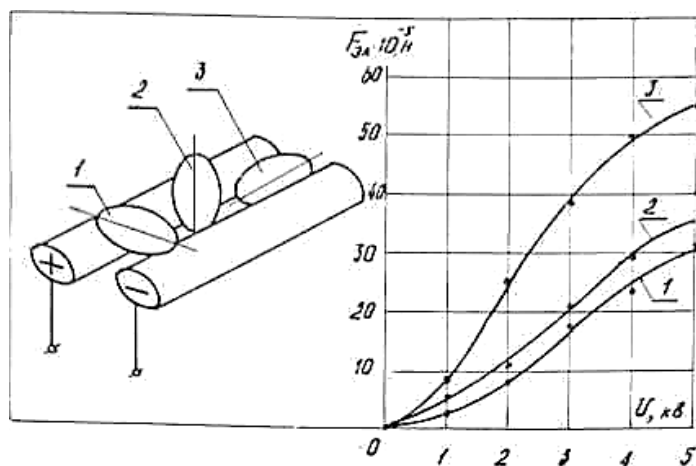


Рисунок 5. Возможные варианты расположения семени на стержневых электродах и соответствующие этим вариантам зависимости электрической силы от напряжения

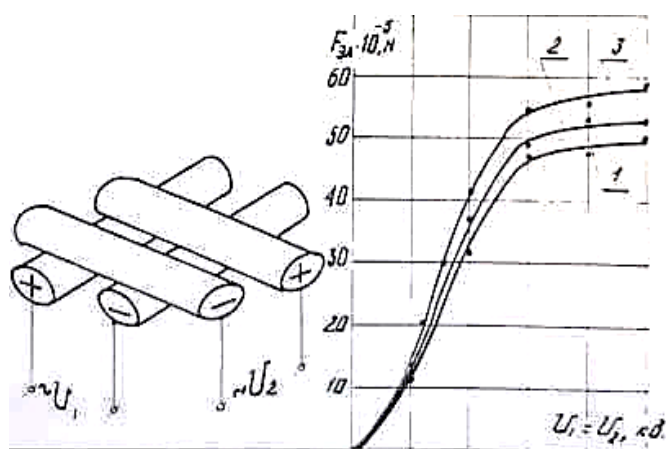


Рисунок 6. Система скрещивающихся электродов и зависимость электрической силы от напряжения

В работах показано, что процесс сепарирования имеет вероятностно-статистический характер. Поэтому целесообразно измерить величины электрических сил на разных участках систем электродов: разнесенных стержневых и скрещивающихся. На Рисунке 7 изображены три возможных участка, в которых могут располагаться семена: на условно отрицательном (участок 1), условно положительном (участок 2) и в межэлектродном зазоре (участок 3). Семя в реальных условиях может располагаться на участке 1 или 2 в том случае, когда межэлектродные зазоры заполнены другими семенами. В качестве частицы был взят круглый муляж диаметром $d_m = 5$ мм и массой $m = 87$ мг.

Анализ результатов, представленных на Рисунке 8, показывает: в системе с

разнесенными стержневыми электродами (график 1) сила притяжения частицы на разных участках различна. Она максимальна на участке 3 (в межэлектродном зазоре), минимальна — на участках 1 и 2 (на электродах). Причем частица в межэлектродном зазоре притягивается в 2,5 раза сильнее, чем на участках 1 и 2.

В системе же со скрещивающимися электродами (график 2) сила притяжения частицы на участке 3 при $U_{o3} = U_{d3}$ чуть меньше, чем на участках 1 и 2. Регулируя напряжения на основных U_{o3} и дополнительных U_{d3} электродах можно создать одинаковые электрические силы на всех трех участках, что подтверждается результатами, полученными при $U_{o3} = 3,0$ кВ и $U_{d3} = 2,7$ кВ (Рисунок 8, график 3). В данном случае величина электрической силы не зависит от места расположения частицы в системе электродов и это очень важно для повышения качества разделения семенной смеси.

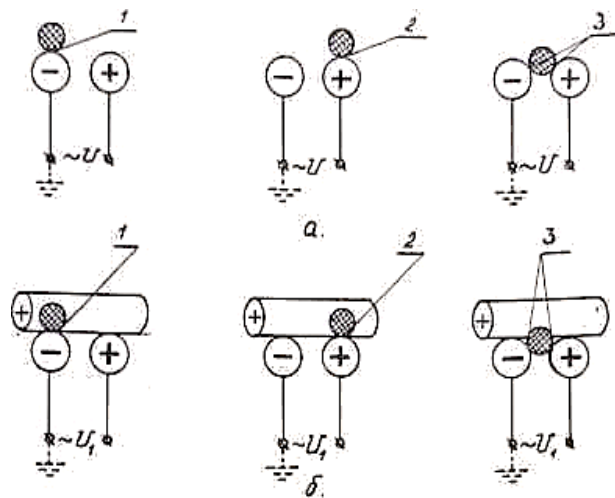


Рисунок 7. Возможные участки расположения частицы в системе электродов: а) система разнесенных стержневых электродов; б) система скрещивающихся электродов; участок 1 — частица расположена на условно отрицательном стержневом электроде; участок 2 — частица расположена на условно положительном электроде; участок 3 — частица расположена в межэлектродном зазоре

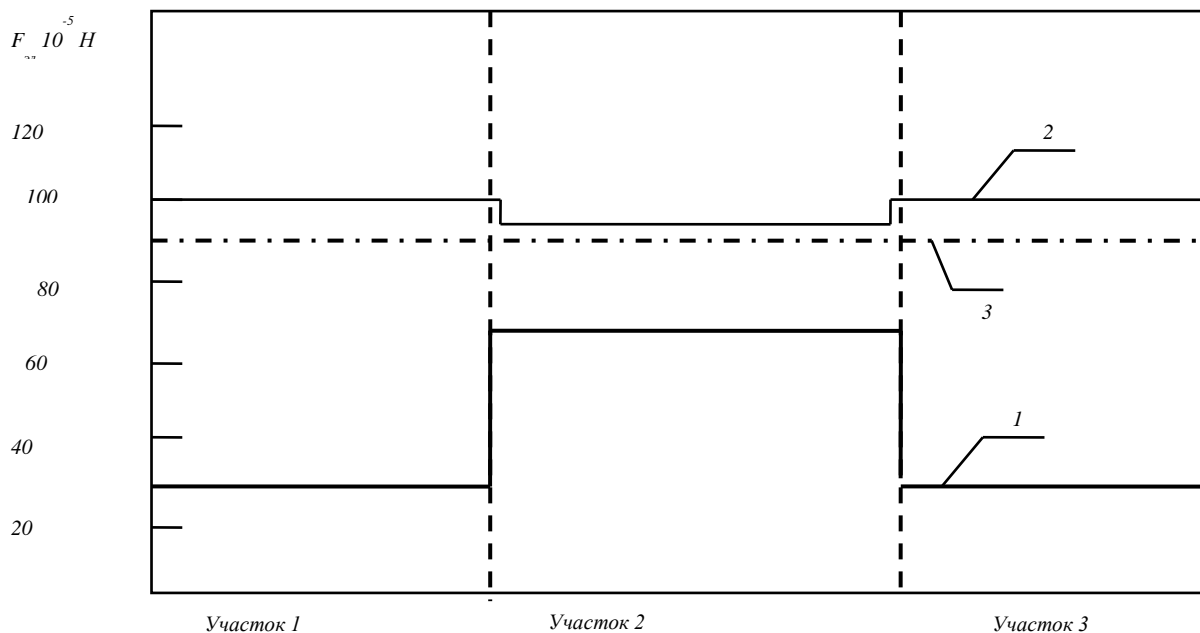


Рисунок 8. Электрическая сила на участках: разнесенных стержневых электродов при $U = 3$ кВ; скрещивающихся электродов при $U_{o3} = U_{d3} = 3$ кВ; скрещивающихся электродов при $U_{o3} = 3,0$ кВ, $U_{d3} = 2,7$ кВ

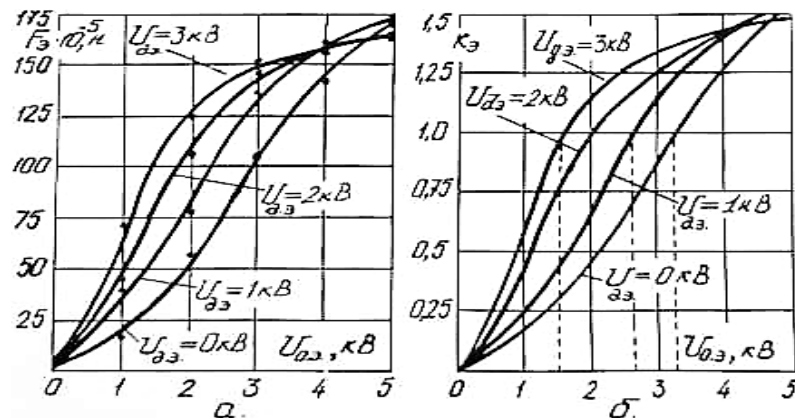


Рисунок 9. Зависимость электрической силы и кратности электрических сил от напряжений, подаваемых на основные и дополнительные электроды

Для предварительного определения напряжений, при которых можно получить электрические силы, равные весу реальных семян, проведен эксперимент с оголенным семенем массой 134 мг, выбранным из семенной смеси в качестве самого тяжелого. Замерены электрические силы при различных напряжениях (Рисунок 3). Сила, равная весу семени (Рисунок 3), получена при следующих сочетаниях напряжений на основных U_{03} и дополнительных U_{d3} электродах:

U_{03} , кВ	1,5	2,1	2,7	3,2
U_{d3} , кВ	3,0	1,9	1,0	0

Однако только во втором случае ($U_{03}=2,1$ кВ, $U_{d3}=1,9$ кВ) электрическая сила, действующая на семя, не зависит от участка, на котором оно расположено (Рисунок 7).

Полученные результаты показывают, что система скрещающихся электродов имеет преимущества по сравнению с системой разнесенных стержневых электродов. Это позволит повысить качество разделения семенной смеси. Поэтому дальнейшие исследования проводили только с системой скрещающихся электродов.

В данной системе в качестве дополнительных электродов целесообразно использовать серийно выпускаемые и недефицитные провода марок ПГВ-0,75, ПГВ-1,0, ПГВ-1,5, АПВ-2,5, АПВ-4,0, АПВ-6,0, АИВ-10.

С целью окончательного выбора материала для изготовления дополнительных электродов проведены экспериментальные исследования зависимости электрической силы от сечения провода. Исследования проводились с помощью муляжей круглой формы с диаметрами 5 мм и 7 мм и соответственно массами 153 мг и 200 мг. Диаметр основных электродов — 6 мм, а межэлектродный зазор — 4 мм.

Результаты экспериментов представлены на Рисунке 10. Анализ их показывает, что независимо от весоразмерных характеристик исследуемых частиц, увеличение сечения провода ведет вначале к увеличению, а затем — к уменьшению величины электрической силы. Достижимый максимум электрической силы зависит от размеров частиц. К примеру, частица с диаметром 5 мм наиболее сильно притягивается при сечении провода дополнительных электродов $2,5 \text{ мм}^2$, а частица диаметром 7 мм — при сечении $2,5 \text{ мм}^2$ и 4 мм^2 .

Полученные результаты показывают, что дополнительные электроды следует изготавливать из провода марки АПВ сечением $2,5 \text{ мм}^2$ или $4,0 \text{ мм}^2$. Исследования,

проведенные В. М. Богоявленским в работе, показали, что системы электродов из провода марки АПВ сечением $22,5 \text{ мм}^2$ и более способны работать длительное время при напряжениях до 15 кВ без снижения электрической прочности.

Однако использование провода сечением 4 мм в данном случае нецелесообразно, Исследования показали, что увеличение диаметра дополнительных электродов ведет к уменьшению полезной площади рабочего органа; иными словами, уменьшается количество ячеек, предназначенных для калибрования и сепарирования. Кроме того, увеличивается вероятность застревания мелких семян между основными и дополнительными электродами.

Поэтому, исходя из вышесказанного, в качестве дополнительных электродов выбран провод АПВ-2,5. Размеры ячейки, образованной основными и дополнительными электродами, должны соответствовать размерам ячейки высевающего аппарата. Поэтому, как отмечалось в первой главе, размеры посевных семян по толщине и ширине должны быть не менее 4,0 ... 4,5 мм, а по длине — не более 9,0 ... 9,5 мм. Наибольшая электрическая сила для частиц с такими размерами, как следует из результатов экспериментов (Рисунки 10–11), достигается при межэлектродном зазоре дополнительных электродов 8 ... 10 мм. В связи с этим дополнительные электроды следует располагать с межэлектродным зазором, равным 9 мм. Параметры основных электродов были обоснованы в работе, диаметр электродов 6 мм, межэлектродный зазор 4 мм.

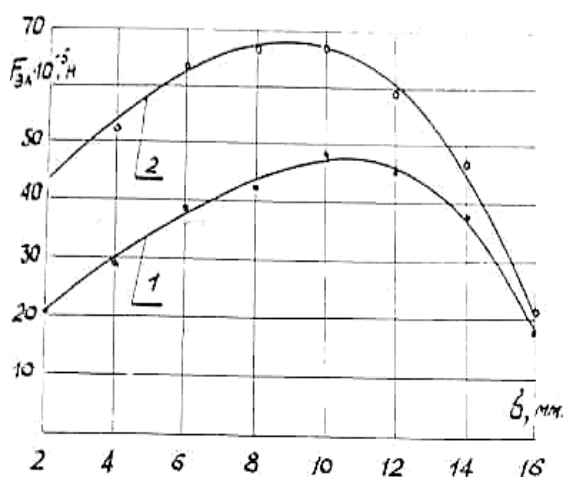


Рисунок 10. Зависимость электрической силы от сечения провода дополнительных электродов: 1 — диаметр частицы 7 мм (масса 200 мг); 2 — диаметр частицы 5 мм (масса 153 мг)

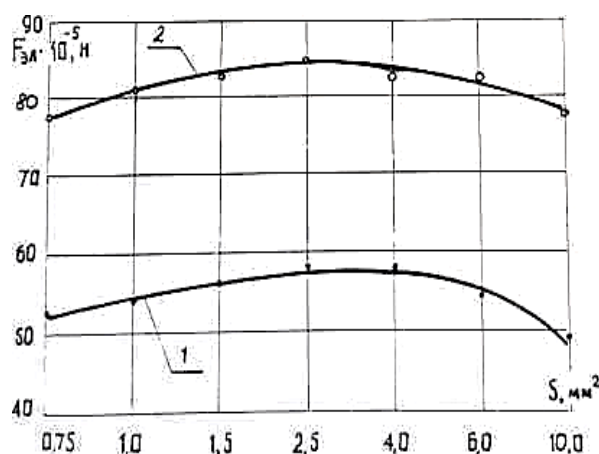


Рисунок 11. Зависимость электрической силы от величины межэлектродного зазора дополнительных электродов: 1 — диаметр частицы 11 мм; 2 — диаметр частицы 8 мм

Вывод:

Полученный в результате совмещения (или комбинирования) электродов рабочий орган необходимо исследовать на лабораторном стенде, который в дальнейшем будет использован и для определения режимов сортирования оголенных семян хлопчатника.

Список литературы:

1. Мамаджанов Б. Д. Диэлектрическая калибровочно-сортировальная машина для оголенных семян хлопчатника: дисс. ... канд. техн. наук. М., 1992. 200 с.

2. Мамаджанов Б. Д., Абдурахмонов С. У., Шукуралиев А. Ш. Сортировка семян хлопчатника с помощью диэлектрических калибровочно-сортировальных машин // Бюллетень науки и практики. 2018. Т. 4. №3. С. 83-86.
3. Тиц З. Л., Анискин В. И., Баснакьян Г. А. Машины для послеуборочной поточной обработки семян: Теория и расчет машин, технология и автоматизация процессов. М.: Машиностроение, 1967. 447 с.
4. Василенко П. М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин. Киев, 1960. 283 с.
5. Авдеев Н. Е. Центробежные сепараторы для зерна. М.: Колос, 1975. 152 с.
6. Тамм И. Е. Основы теории электричества. М.: Наука, 1966. 624 с.

References:

1. Mamadzhanov, B. D. (1992). Dielektricheskaya kalibrovочно-sortiroval'naya mashina dlya ogolennykh semyan khlopchatnika: Ph.D. diss. Moscow. (in Russian).
2. Mamajanov, B., Abdurahmonov, S., & Shukuraliev, A. (2018). Cotton seeds sorting with the help of dielectric calibration and sorting machines. *Bulletin of Science and Practice*, 4, (3), 83-86. (in Russian).
3. Tits, Z. L., Aniskin, V. I., & Basnakyann, G. A. (1967). Mashiny dlya posleuborochnoi potochnoi obrabotki semyan: Teoriya i raschet mashin, tekhnologiya i avtomatizatsiya protsessov. Moscow. (in Russian).
4. Vasilenko, P. M. (1960). Teoriya dvizheniya chastitsy po sherokhovatym poverkhnostyam sel'skokhozyaistvennykh mashin. Kiev. (in Russian).
5. Avdeev, N. E. (1975). Tsentrobezhnye separatory dlya zerna. Moscow. (in Russian).
6. Tamm, I. E. (1966). Osnovy teorii elektrichestva. Moscow. (in Russian).

*Работа поступила
в редакцию 02.03.2021 г.*

*Принята к публикации
12.03.2021 г.*

Ссылка для цитирования:

Мамаджанов Б. Д., Шукуралиев А. Ш. Разработка экспериментальной модели рабочего органа с системой скрещивающихся электродов // Бюллетень науки и практики. 2021. Т. 7. №4. С. 243-250. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/65/27>

Cite as (APA):

Mamadjanov, B., & Shukuraliev, A. (2021). Development of an Experimental Model of a Working Body With a System of Crossing Electrodes. *Bulletin of Science and Practice*, 7(4), 243-250. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/65/27>