

ВПЛИВ ДОДАТКОВОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СИЛИ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОЗДІЛЕННЯ НАСІННЯ РІПАКУ НА ЕЛЕКТРОФРИКЦІЙНОМУ СЕПАРАТОРІ

к.т.н. С. Ковалишин, к.т.н. О. Швець, Я. Сало, Я.-Р. Кузьма
Львівський національний аграрний університет

Постановка проблеми. Дослідженню сепарування насінневих сумішей на похилій рухомій площині з накладеним на неї електричним полем присвячено низку праць. Найкращий ефект розділення насінневої суміші досягаються за умови, коли кут рівноваги якісних насінин максимально відрізнятиметься від кута рівноваги домішок [2–9].

Проте в багатьох випадках необхідно сепарувати однокомпонентні суміші, щоб відділити з них різного роду пошкоджені, щуплі та біологічно неповноцінні насінини. Тоді досягти максимальної різниці кута рівноваги між якісними і неякісними насінинами дуже важко. Тому використання електричного поля високої напруги як додаткового робочого органу, що створює вибіркочку додаткову силову дію на насінини різної якості, є найбільш ефективним та енергоощадним. Проте через відсутність теоретичних і експериментальних досліджень, а також чітких практичних рекомендацій для забезпечення такої додаткової силової дії електричного поля не вдається сформулювати вимоги до створення ефективної конструкції електрофрикційного сепаратора.

Аналіз досліджень та публікацій. У працях [3, 7–9] наведено результати відділення з насінневої суміші ріпаку неякісних (щуплих та травмованих) насінин. Ефект розділення досягали за рахунок різниці заряду, отриманого якісними та травмованими насінинами, що призводило до різниці траєкторій їх руху по сепарувальній площині. Внаслідок накопичення насіниною заряду виникає додаткова електрична сила, яку згідно з [5] визначають як

$$F_e = q \cdot E, \quad (1)$$

де F_e – електрична сила, яка діє на частинку насінневої суміші, Н; q – електричний заряд частинки, Кл; E – напруженість електричного поля, В/м.

Універсальна сила, яка діятиме на частинку насінневої суміші під час її руху в електричному полі, буде:

$$\vec{F}_y = \vec{F}_p + \vec{F}_e, \quad (2)$$

де \vec{F}_p – результуюча сила дії елементів в'язі.

У праці [4] обґрунтовано, що досліджуючи рух матеріальної частинки (насінини) по похилій рухомій в електричному полі площині під дією гравітаційної та електричної сил, можна використовувати рівняння класичної механіки. Оскільки в класичній механіці силову дію на таку частинку виражають рівнодійною всіх сил F_p , то її можна застосувати і для випадку, коли присутня додаткова електрична сила F_e . Тоді до складових сили F_p (наприклад під час проекції на осі) необхідно ввести коефіцієнт, який кількісно враховує

вплив електричної сили на поведінку частинки суміші, залишаючи незмінною загальну якісну картину процесу.

У працях [1, 4] побудовано диференціальне рівняння руху частинки, яка знаходиться на похилій рухомій коливній площині з накладеним на неї полем коронного розряду:

$$\frac{dv}{dt} = g \sin \alpha - fg(\cos \alpha + k_0) + A\omega^2 f \sin(\omega t + \varphi_0). \quad (3)$$

Розв'язавши це рівняння, отримали математичний вираз для кута рівноваги насінини:

$$\alpha_p = \varphi + \arcsin((k_0 - k_1) \sin \varphi), \quad (4)$$

де φ – динамічний кут тертя, град.; $k_1 = \frac{A\omega^2}{g}$ – коефіцієнт, який свідчить, у скільки разів пришвидшення коливного руху більше або менше від пришвидшення вільного падіння; k_0 – коефіцієнт, який враховує дію електричної сили (кратність електричної сили):

$$k_0 = \frac{Fe}{mg} = \frac{qE}{mg}, \quad (5)$$

де q – заряд насінини; E – напруженість електричного поля.

З виконаного аналізу можна зробити висновок, що дія додаткової електричної сили залежатиме від заряду, який отримує насінина в робочій зоні електросепаратора. Для теоретичного аналізу роботи стрічкових електрофрикційних сепараторів її доцільно подати через певний коефіцієнт, значення якого залежатиме від різниці кутів рівноваги компонентів насінневої суміші.

Виклад основного матеріалу. Щоб виявити поведінку насінин ріпаку, які відображено кулею радіуса r , на похилій рухомій в електричному полі площині, необхідно дослідити дію на неї сукупності сил (рис. 1): G – тяжіння, F_T – тертя, N – реакції площини та F_e – електричного поля [3, 8].

Диференціальні рівняння плоского руху насінини мають вигляд [3]

$$\begin{cases} m\ddot{x}_c = F_T - G \sin \alpha, \\ m\ddot{y}_c = N - F_e - G \cos \alpha, \\ J_{\xi} \ddot{\varphi} = F_T \cdot r, \end{cases} \quad (6)$$

де $J_{\xi} \ddot{\varphi}$ – обертовий рух насінини радіусом r . Розв'язком цих рівнянь є траєкторії руху насінини по сепарувальній площині.

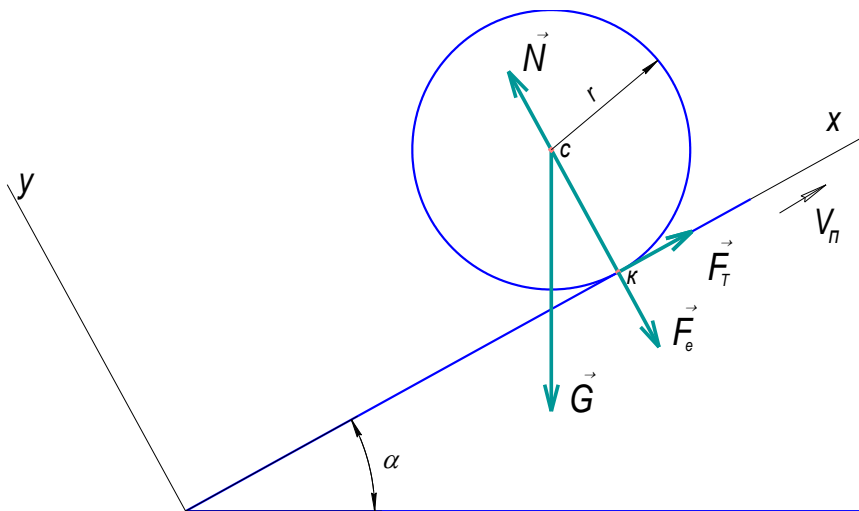


Рис. 1. Схема сил, що діють на насініну ріпаку на похилій рухомій в електричному полі площині.

За відсутності електричної сили ($F_e = 0$) всі насініни, які знаходяться на похилій рухомій площині, рухатимуться в бік її нахилу за умови, що кут нахилу більший за кут тертя, тобто

$$\alpha > \varphi_m = \arctg f . \quad (7)$$

Проте для ефективного відділення травмованих насінін від якісних необхідно забезпечити виконання умови, коли напрям їх руху буде протилежний:

– для якісних насінін:

$$f(F_e + G \cos \alpha_{p1}) - G \sin \alpha_{p1} < 0 ; \quad (8)$$

– для травмованих:

$$f(F_e + G \cos \alpha_{p2}) - G \sin \alpha_{p2} > 0 . \quad (9)$$

Оскільки у виразах (8) і (9) змінною є величиною F_e , значення якої різна для якісних і травмованих насінін, то виконання цих умов можливе тільки з накладанням на робочу поверхню електричного поля.

Таке твердження засвідчують експериментальні дослідження з визначення кутів рівноваги якісних і травмованих насінін ріпаку як із застосуванням додаткової електричної сили, так і без неї. Їх здійснювали на лабораторній установці. Швидкість руху площини встановлювали за результатами попередніх досліджень, яка становила $V_n = 0,07$ м/с [7]. Регульованими параметрами процесу були напруженість поля E , кВ/см, та кут нахилу площини до горизонту α .

Під час досліджень кута рівноваги встановлювали мінімальний кут нахилу сепарувальної площини α_{\min} , за якого хоча б одна з насінін скочувалась по ній вниз. Далі кут нахилу збільшували на інтервал i ($\alpha_{\min} + i$). Насіння, яке винесла стрічка вгору, знову висипали на неї і процес розділення повторювали. Після цього підраховували кількість

насінин, які скотилися вниз. Дослід тривав до тих пір, доки всі насінини не скотились вниз. Цей кут і був максимальним кутом рівноваги для досліджуваного зразка насіння:

$$\alpha_{\max} = \alpha_{\min} + n \cdot i, \quad (10)$$

де n – кількість інтервалів.

Результати визначення кутів рівноваги насінин за відсутності дії електричного поля наведено на рис. 2.

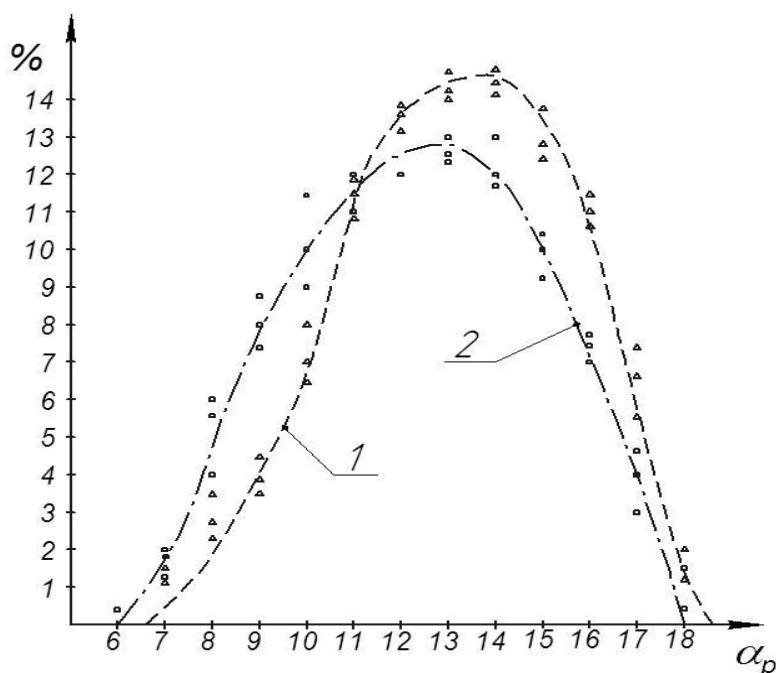


Рис. 2. Варіаційні криві розподілу насіння ріпаку за кутом рівноваги:
1 – травмовані насінини; 2 – якісні.

Аналіз наведених варіаційних кривих засвідчує несуттєву різницю їх значень для якісних та травмованих насінин.

Наклавши на похилу рухому площину електричне поле, виявили зростання кута рівноваги насінин зі збільшенням її значення (рис. 3).

Аналізуючи подані залежності, можна стверджувати, що максимальна різниця кутів рівноваги якісних і травмованих насінин ($\Delta\alpha_p = 4 \dots 5$ град.) досягається в проміжку значень додаткової електричної сили $F_e = 1 \dots 2,2 \times 10^{-6}$ Н, що відповідає напрузі на коронувальному електроді електрофрикційного сепаратора 7,5...22 кВ за міжелектродної відстані 7 см.

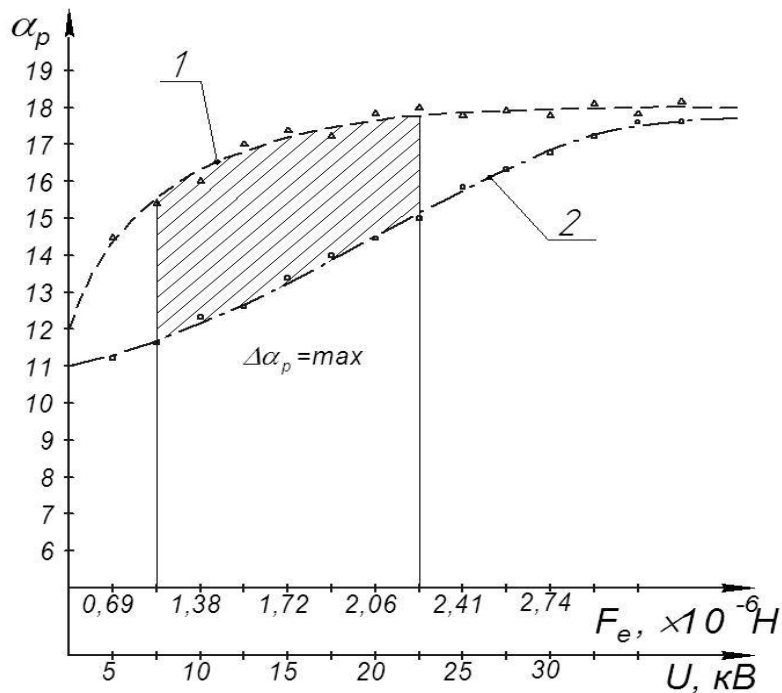


Рис. 3. Результати експериментальних досліджень кута рівноваги насіння на похилій рухомій площині з накладеним на неї електричним полем:
1 – травмовані насінини; 2 – якісні.

Аналізуючи подані залежності, можна стверджувати, що максимальна різниця кутів рівноваги якісних і травмованих насінин ($\Delta\alpha_p = 4 \dots 5$ град.) досягається в проміжку значень додаткової електричної сили $F_e = 1 \dots 2,2 \times 10^{-6}$ Н, що відповідає напрузі на коронувальному електроді електрофрикційного сепаратора 7,5...22 кВ за міжелектродної відстані 7 см.

Висновки. Теоретичні і експериментальні результати досліджень свідчать про доцільність використання електричного поля високої напруги для інтенсифікації процесу розділення однокомпонентних насінневих сумішей. Досягти максимальної різниці кутів рівноваги якісних і різного роду пошкоджених насінин на похилій площині вдається за дії електричної сили $F_e = 1 \dots 2,2 \times 10^{-6}$ Н. Отримані експериментальні дані можна використати як практичні рекомендації для створення і проектування електрофрикційних сепараторів.

Бібліографічний список

1. Ковалишин С. Й. Доцільність використання вологості насіння озимого ріпаку як ознаки його подільності за посівними якостями / С. Й. Ковалишин, О. П. Швець // Пр. Таврійськ. держ. аграр. ун-ту. – Мелітополь, 2008. – Т. 3, Вип. 8. – С. 133–138.

2. Ковалишин С. Й. Застосування електричного поля коронного розряду під час передпосівної обробки насіння озимого ріпаку / С. Й. Ковалишин, О. П. Швець // *Motrol: Motoryzacja i energetyka rolnictwa*. – Lublin: Ukrainski technologii, 2011. – Tom 13D. – P. 276–283.
3. Ніщенко І. О. Дослідження процесу сепарування насіння озимого ріпаку на рухомій в електричному полі похилій площині / І. О. Ніщенко, С. Й. Ковалишин, О. П. Швець // *Вісник ЛНАУ “Агроінженерні дослідження”*. – 2008 – Т. 2, № 12 / За матеріалами ІХ Міжнар. наук.-практ. конф., присвяченої пам’яті академіка Петра Василенка, 17–18 жовтня 2008 р. – Львів, 2008. – С. 225–230.
4. Паранюк В. А. Сортирование семян в электростатическом поле на движущейся наклонной плоскости / В.А. Паранюк // *Науч. тр. “Применение аппаратов и средств ЭИТ в семеноводстве и птицеводстве”*. – Челябинск, 1983. – С. 74–78.
5. Паранюк В. О. Фізичні основи технології сепарування насіння сільськогосподарських культур / В. О. Паранюк, С. Й. Ковалишин, В. І. Мельничук, О. П. Швець // *Зб. наук. пр. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого: Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. – 2007. – Вип. 10 (24), К. 1. – С. 77–86.
6. Швець О. П. Дослідження та вплив кута рівноваги насіння озимого ріпаку на траєкторію його руху по робочій поверхні електрофрикційного сепаратора / О. П. Швець // *Загальнодержавний міжвідомчий наук.-техн. зб. Кіровоградськ. нац. техн. ун-ту: Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*. – 2010. – Вип. 40, Ч. 2. – С. 235–241.
7. Швець О. П. Обґрунтування параметрів та режимів роботи сепаратора насіння озимого ріпаку : дис. канд. техн. наук. – Львів, 2012. – 165 с.
8. Kovalyshyn S. Use of the electro-separation method for improvement of the utility value of winter rapeseeds / S. Kovalyshyn, O. Shvets, S. Grundas, J. Tys // *Int. Agrophys.* – 2013. – 27. – P. 419–424.
9. Kovalyshyn S. Description of parameters of electric separator of rape seed mixtures / S. Kovalyshyn, O. Shvets, R. Holodnyak // *Teka. Commission of motorization and power industry in agriculture*. – Lublin: Lublin University of Tehnology. – 2010. – Vol. X. – P. 186–193.
10. Geometrical and friction properties of perennial grasses and their weeds in view of an electro-separation method / S. Kovalyshyn, V. Dadak, V. Sokolyk, S. Grundas, M, Stasiak, J. Tys // *Int. Agrophysics*. – 2015. – № 29. – P. 185–191.

С. Ковалишин, О. Швець, Я. Сало, Я.-Р. Кузьма. Вплив додаткової електричної сили на ефективність розділення насіння ріпаку на електрофрикційному сепараторі

Досліджено питання інтенсифікації процесу розділення насіння ріпаку на електрофрикційному сепараторі, в якому як додатковий робочий орган використано силову дію електричного поля високої напруги.

Доведено, що електрична сила вибірково діє на якісні та пошкоджені насінини, що призводить до збільшення їх кутів рівноваги, і, як наслідок, до підвищення ефекту розділення. Отримані результати експериментальних досліджень кута рівноваги насіння на похилій рухомій в електричному полі площині можна використати для удосконалення існуючих та проектування нових електрофрикційних сепараторів.

Ключові слова: насіння ріпаку, електрофрикційний сепаратор, сепарувальна площа, електрична сила, кут рівноваги насіння.

S. kovalyshyn, O. Shvets, Ya. Salo, Ya.-R. Kuzma. Impact of additional electric power to the efficiency of the separation of rapeseed on electric frictional separator.

This paper is devoted to solving questions intensify the process of separation of rapeseed in electric frictional separator, which as an additional working body using force action of the electric field of high tension.

It is proved that the use of electrical power provides a selective effect on power quality and various seed damaged, leading to an increase in their corners balance and, consequently, to increase the separation effect. The results of experimental studies of the angle of equilibrium seed moving on an inclined plane in an electric field can be used in the improvement of existing and design of new electric frictional separators.

Keywords: rapeseed, electric frictional separator, separating plane, electric power, the angle of equilibrium seeds.

С. Ковалишин, А. Швец, Я. Сало, Я.-Р. Кузьма. Влияние дополнительной электрической силы на эффективность разделения семян рапса на электрофрикционном сепараторе.

Исследован вопрос интенсификации процесса разделения семян рапса на электрофрикционном сепараторе, в котором в качестве дополнительного рабочего органа использовали силовое воздействие электрического поля высокого напряжения.

Доказано, что электрическая сила обеспечивает дополнительное воздействие на качественные и разного рода травмированные семена, что приводит к увеличению угла их равновесия, и, как следствие, к повышению эффекта разделения. Полученные результаты экспериментальных исследований угла равновесия на наклонной движущейся в электрическом поле плоскости можно использовать для усовершенствования существующих и проектирования новых электрофрикционных сепараторов.

Ключевые слова: семена рапса, электрофрикционный сепаратор, сепарирующая плоскость, электрическая сила, угол равновесия семян.