



DOI: 10.31388/2220-8674-2023-1-40

УДК 620.9

О. Ю. Юрченко, ст. викл.

ORCID: 0000-0002-3047-6654

Г. В. Барсукова, к.т.н, доц.

ORCID: 0000-0002-4261-2182

Сумський національний аграрний університет

e-mail: aleksyurchenko110917@gmail.com, тел.: 096-610-67-82

ВИКОРИСТАННЯ ІМПУЛЬСНОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ ЯК СПОСІБ ПОКРАЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ НАСІННЯ

Анотація. Збирання врожаю тих чи інших сільськогосподарських культур або виведення нових гібридів та високоякісних сортів рослин у сільському господарстві, на сьогодні, є важливим етапом в розвитку не лише окремо взятих фермерських господарств, що спеціалізуються на вирощуванні елітних сортів, а і усієї галузі країни вцілому. Продовольча безпека держави має підґрунтя, що базується на збільшенні виробництва сировини, продуктів харчування і т. п. Мова іде про усі види сільськогосподарської продукції, що виробляється сьогодні усіма галузями сільського господарства, починаючи від рослинництва і закінчуючи готовими продуктами харчування, що пройшли кілька стадій з виготовлення, розпочинаючи з процесу збирання врожаю і закінчуючи готовим продуктом на конвеєрі. Однак, для отримання того високоякісного продукту харчування слід мати відповідної якості вихідний елемент, а, відповідно, - і посівний матеріал. Це може означати те, що прогнозовані масштаби збирання врожаю безпосередньо залежать від якості насіння та від того наскільки його елементи зберегли здатність дружного, поступового сходу і активної фази розвитку в перші періоди. Рослинницькою галуззю підтримується концепція органічного землеробства, в результаті чого особливу роль приділяють підвищенню посівних якостей і екологічній безпеці вихідного насінневого матеріалу. Повною мірою вплив на це несе попередня підготовка та передпосівна обробка. Підхід до такого роду оптимізації якості посівного матеріалу може базуватися на різних методах. У даній роботі представлено метод покращення якості насінневого матеріалу шляхом його обробки імпульсним електричним полем. Стратегія використання засобів боротьби зі шкідниками, рослинами-паразитами та збільшенням поживних речовин у самій насініні призвела до масового використання отрутохімікатів, барвників та стимуляторів росту, що, згодом, негативно впливає не лише на безпечний склад кінцевого матеріалу, а на здатність ґрунту



давати високі врожаї, що уникнуто при використанні представленого у даній роботі методу.

Ключові слова: перетворювач, частота, коливання, напруга, струм.

Постановка проблеми. Традиційні способи з підготовки і обробки насіннєвого матеріалу мають ряд важливих операцій, що характеризуються:

- великою трудомісткістю;
- великою тривалістю технологічної операції;
- використанням протруювачів та хімічних стимуляторів;
- великими затратами електричної енергії;
- необхідністю введення нового дорогого обладнання.

Перспектива для вирішення вище наведених факторів полягає у використанні електрофізичних і електротехнологічних методів. Це здатно інтенсифікувати біологічні і фізіологічні внутрішньоклітинні процеси оброблюваного перед посівом насіння. Перевагою такого способу є безвідходність виробництва та мінімальний негативний вплив на навколишнє середовище. Електрофізичними методами обробки насіння перед посівом підвищується їх схожість, стимулюється сила зростання пагонів та коренів, знищується шкідлива мікрофлора та скорочуються витрати посівного матеріалу при забезпеченні більш сприятливих умов для зростання та розвитку.

Аналіз останніх досліджень. Сьогодні, для продовження терміну зберігання і збереження якості продукції застосовується радіаційна обробка, зазвичай як фізичний метод [1]. Для популяризації застосування насіння соняшнику в технології комп'ютерного цифрового моделювання, моделі руху і динамічні характеристики насіння соняшнику в ключових процесах, таких як посів і збирання врожаю, досліджуються за допомогою методів аналізу дискретних елементів для оптимізації параметрів розмірів та структурних характеристик відповідні механічні компоненти [2]. Електротехнічні методи з обробки насіння, наприклад, з використанням PEF-обробки несе вплив на основні хімічні характеристики (кислотність та перекисне число), а також колірні параметри соняшnikової олії. На основі отриманих результатів в роботі [3] можна зробити висновок, що PEF згодом може бути високопотенційною промисловою технологією.

Розробляючи плазмову біотехнологію з метою застосування в сільському господарстві і медицині, в роботі [4] досліджено вплив плазмової обробки на насіння сільськогосподарських культур. Виявлено, що зі збільшенням плазми потужності, шорсткість поверхні насіння зростає, а контактний кут зменшується а, отже, змочуваність збільшується, поглинання води залежало від потужності, а швидкість проростання і зростання зростає до максимуму за певних параметрів



плазми. Представлене [5] порівняння впливу на фізичні параметри насіння та ядер сояшнику за методу термосонячного зневоднення (TSD) та зневоднення за допомогою електромагнітної індукції при низькому тиску (DEMI-LP) показало, що в останньому випадку час досягнення 8% загального вмісту вологи є у 2,5 рази коротшим.

Передпосівна обробка насіння є стартовим та підготовчим етапом у вирощуванні рослини і, цим самим, є основою для подальшого її ефективного розвитку. Застосування електротехнологічного комплексу у боротьбі з патогенною мікрофлорою у процесі передпосівного обробітку насіння, наприклад, сояшнику має такі переваги:

- відсутність будь-якого впливу на ґрунт та процеси у ньому;
- унеможливлення поступового звикання і пристосування патогенної мікрофлори, яку можна спостерігати за умови використання отрутохімікату.

Для успішного впровадження нових електричних технологій у процеси обробітку насіння оптимізація параметрів процесу в поєднанні з параметрами електричного процесу є вирішальною [6]. Іноді, метод електричного поля високої напруги використовується [7] і для уникнення недоліків нейтралізації сояшникової олії. Фіторемедіація, що посилена електрокінетикою, може розглядатися як потенційна технологія для ремедіації забруднених ґрунтів. У дослідженні [8] пропонується нова технологія щодо фізіологічних процесів рослин під впливом стресу кадмію та електричних полів.

Слід відмітити, що до методів впливу на якість сояшнику визначилися такі, як вплив за допомогою ультразвуку [9]. Результати такої оптимізації підтверджують, що ультразвукове втручання здатне забезпечити інтенсифікований і енергоефективний процес сушіння, що генерує стійке і якісне сушене насіння. Помірне електричне поле, що може бути застосованим до окремих структурних частин сояшнику, для зміни їх структурних і теплофізичних властивостей, може значно зменшила середній розмір частинок із помітними змінами в однорідності розчинів [10].

Формулювання мети статті. Основою ціллю даної роботи є аналіз основних параметрів і режимів роботи пристрою для передпосівного обробітку насіння сояшнику, що складається, головним чином з перетворювача і стабілізатора напруги і працює за імпульсним електричним полем з метою покращення якості насіння сояшнику.

У потоковому виробництві значну складність представляє шар насіння, який характеризується:

- різними розмірами насінин;
- ступенем забрудненості;
- вологістю і т. п.



Виникає необхідність в розробці установки або аналізі існуючих систем, що забезпечують можливість визначення подібності зміни оброблюваної маси. Згодом, слід здійснити автоматичне перетворення параметрів впливу:

- амплітуди;
- тривалості та частоти проходження імпульсу;
- пристосуватися до змінних умов.

Виходячи із вище сказаного, є необхідність розробки електрообладнання установки, перетворювача та стабілізатора напруги, якими можна задовольнити усі вище перераховані вимоги та отримати високоякісний насінневий матеріал.

Основна частина. Матеріалами досліджень визначаються засади електротехніки, методи теорії ймовірності та математичної статистики, а також теорії планування експерименту.

У ході здійснення досліджень основним об'єктом є технічні та конструктивні особливості, режимні і електротехнологічні параметри установки для обробки насінневого матеріалу соняшнику імпульсним електричним полем. Крім того, особлива увага приділяється отриманим посівним якостям обробленого насіння.

В результаті використання такого пристрою є можливість підтримання однорідності обробки в різних партіях насіння з використанням системи керування, що забезпечує регулювання амплітуди, тривалості і частоти імпульсів електричного поля, здійснюючи, при цьому, зворотний зв'язок від датчиків електропараметрів, що розміщуються безпосередньо у робочій камері.

Основним параметрами режиму обробки є прикладена напруга, частота прямування та тривалість імпульсів.

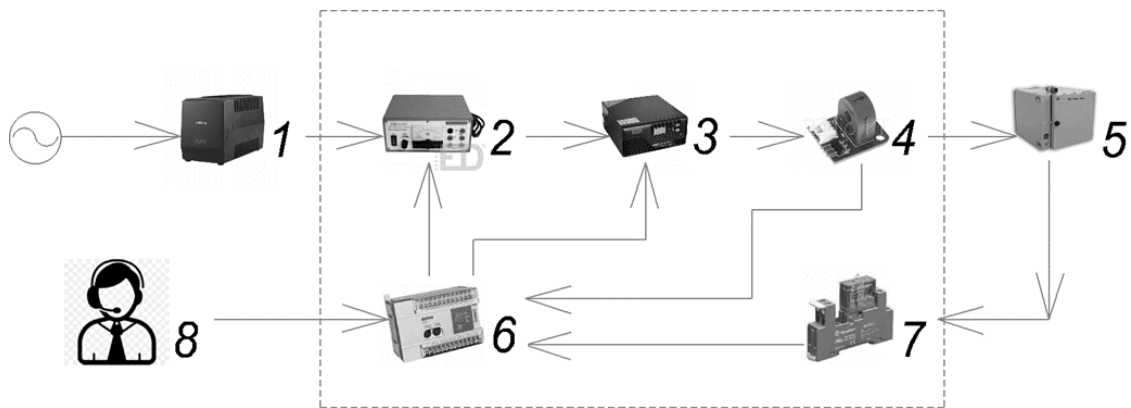
З метою оцінки якості технологічного пристрою, що досліджується в даній роботі, висувається ряд вимог:

- дотримання однорідності обробки усього об'єму насіння;
- можливість аналізу та відображення усіх енергетичних процесів;
- плавність здійснення регулювання технологічного процесу, а саме – напруги, амплітуди та частоти;
- раціональні витраті енергії на переміщення насіння;
- можливість використання установки у промислових масштабах.

Схему перетворювача напруги установки, що використовується для передпосівного обробітку насіння, представлено на рисунку 1.

Схема включає:

- стабілізатор напруги;
- джерело високої напруги;
- інвертор напруги;
- датчик струму;
- робоча камера;



1 – стабілізатор напруги; 2 – джерело високої напруги; 3 – інвертор напруги; 4 – датчик струму; 5 – робоча камера; 6 – блок керування; 7 – датчик напруги; 8 – оператор

Рисунок 1. Структурна схема перетворювача.

- блок керування;
- датчик напруги;
- оператора.

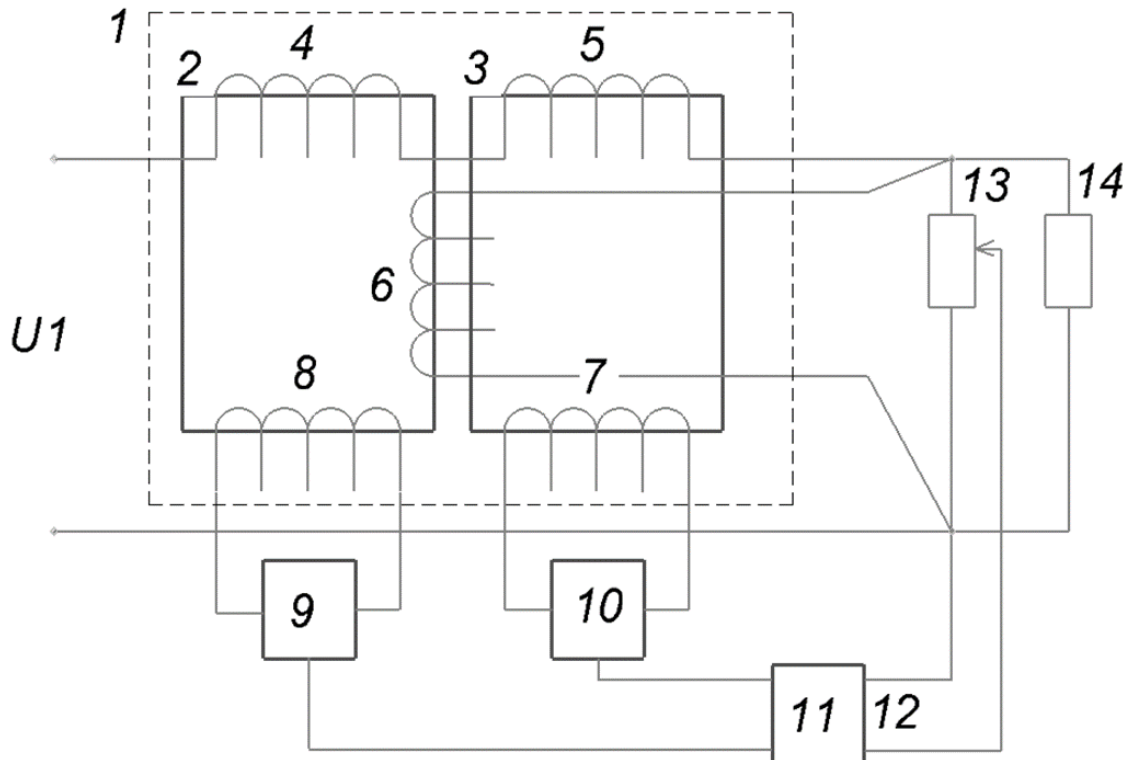
Перетворювач складається з джерела високої напруги, інвертора напруги, датчика струму, блоку керування, датчика напруги.

До схеми входить стабілізатор напруги змінного струму, після якого включається перетворювач напруги. Перетворювач напруги складається з джерела високої напруги, інвертора напруги, датчика струму, датчика напруги, блоку керування. Вихід джерела високої напруги підключений до інвертора напруги, навантаженням є робоча камера, де буде відбуватися обробка, до якої інвертор підключений через датчик струму. Напруга в робочій камері змінюється датчиком напруги. Датчики струму та напруги підключені до блоку керування, який керує роботою перетворювача, згідно установок, отриманих від оператора.

Робота установки полягає у включенні, коли напруга джерела живлення подається на стабілізатор напруги змінного струму. Стабілізатором здійснюватимуться плавне, безступінчасте регулювання і стабілізація вихідної напруги в межах, що задаються блоком керування. Крім того, стабілізатор напруги усуватиме комутаційні перерви у електроживленні перетворювача і комутаційні перенапруги та кидки струму.

Напруга з виходу стабілізатору змінного струму надходитиме на джерело високої напруги, де воно перетворюватиметься на напругу постійного струму з амплітудою впливу. Потрібні значення по величині напруги для використання джерела високої напруги задаються блоком керування. Джерело високої напруги - це джерело з імпульсними перетвореннями напруги. Вихід джерела навантажений

на інвертор напруги.



1 - автотрансформатор, 2, 3 - сердцевини (магнітопроводи), 4, 5 - первинні обмотки, 6 - вторинна обмотка, 7, 8 - керуючі обмотки, 9, 10 - електронні регулятори, 11 - блок керування, 12 - ланцюг зворотного зв'язку, 13 – потенціометр, 14 - навантаження

Рисунок 2. Функціональна схема стабілізатора регулятора напруги змінного струму.

Інвертором напруги формуються високовольтні імпульси із поступаючого на вхід постійної напруги від джерела високої напруги. Блок керування даватиме команди на включення інвертору напруги на час тривалості кожного з імпульсів. Сформований, в такий спосіб, високовольтний імпульс для обробки через датчик струму, надходитиме на електроди робочої камери.

Інформація щодо процесів, які протікають в момент обробки у робочій камері блоком керування отримується від датчиків. Інформація про споживаний електродами робочої камери струм надходитиме від датчика струму, а значення прикладеної до електроду робочої камери напруги – від датчика напруги. Отримані дані є вихідними для блоку керування з метою розрахунку необхідної та однакової величини енергії, яка передається навантаженню в незалежності від змін.

Блок керування коригує усі параметри впливу: амплітуду імпульсів напруги, тривалість та частоту. Значення величин імпульсів напруги передається блоком керування в джерело високої напруги. Параметри імпульсів за довжиною та частотою забезпечуються за



рахунок інвертора напруги.

В результаті вище сказаного, перетворювач міститиме контури зворотного зв'язку за струмом, споживаним робочою камерою, та за напругою, прикладеною до електродів робочої камери.

Представлена вище установка по обробці насіння забезпечує плавність та безступінчастість по регулюванню і стабілізації вихідної напруги, усуваючи, при цьому, комутаційні перерви у електроживленні установки. В результаті компонування саме таких елементів здійснюється усунення комутаційних перенапруг та кидків струму. При цьому, важливими є високий ККД, відносна компактність та дешевизна.

Стабілізатор, що є регулятором напруги змінного струму, в свою чергу, складається з автотрансформатора на серцевинах (магнітопроводах), на яких намотано первинну і вторинну обмотка. Крім того, на серцевинах автотрансформатора намотано керуючі обмотки з підключеними блоками електронних регуляторів. Керування стабілізатором здійснюється через блок керування за допомогою ланцюга зворотного зв'язку та потенціометром. До виходу стабілізатору – регулятору напруги змінного струму підключено навантаження.

Експеримент з установкою полягає у постійному контролі напруги живлення, яку видає стабілізатор до перетворювача напруги, порівнюючи з напругою електромережі, що підтверджує ефективність заявленого пристрою. При цьому, відбувається захист від передчасної поломки через різкі падіння або зростання напруги і кидків струму, які спостерігаються в мережах.

Робота установки передпосівної обробки насіння соняшнику імпульсним електричним полем має забезпечити стабілізацію напруги на навантаженні при зміні, як напруги мережі, так і величини навантаження в усіх діапазоні плавно, без розриву ланцюгів мережевого живлення і навантаження. Це є важливим для стабільної роботи перетворювачів.

Застосування представленого стабілізатора дає можливість отримання ряду переваг, таких як:

- захист обладнання від перенапруг для передпосівного обробітку насіння імпульсним електричним полем;
- стабільність роботи задіяного обладнання і, як наслідок, покращення якості обробки насіння;
- широкий діапазон регулювання значень напруги та її стабілізації в процесі роботи обладнання по обробці насіння;
- плавність та безступінчатість регулювання і стабілізації напруги на виході;
- відсутність комутаційних перерв в електроживленні;



- відсутність комутаційних перенапруг і кидків струму.

Висновки. У роботі проаналізовано можливості здійснення процесу обробки насіння соняшнику перетворювачем напруги для установки обробки насіння ІЕП, в якій реалізується регулювання ступенів обробки залежно від кількості, вологості і забрудненості насіння, а також стабілізатора напруги, що дозволяє компенсувати недоліки джерела живлення установки.

Визначено параметри, режими та основні енергетичні характеристики перетворювача напруги. Перевірено систему керування перетворювачем по зворотному зв'язку від датчиків струму і напруги в робочій камері. Система керування дозволяє підтримання постійно встановленої дози впливу ІЕП на увесь обсяг насіння, в незалежності від змін ємності та опору шарів насіння.

Проаналізовано експериментальні і лабораторні досліди із різними параметрами ІЕП (змінюючи напруженість, тривалість імпульсу та частоту).

Встановлено, що за обробки насіння в раціональному режимі суттєво зростають посівні якості, а також енергія проростання, маса паростків, порівнюючи з контрольним необробленим ІЕП насінням соняшнику.

Обробка ІЕП в раціональному режимі має суттєвий вплив на патогенну мікрофлору насіння соняшнику. У обробленого насіння відмічено зниження заселеності патогенною мікрофлорою.

Як наслідок, можна відмітити позитивний ефект від роботи такої установки та можливість її використання на великих сільськогосподарських підприємствах.

Список використаних джерел

1. Shi Z., Liu Y., Hu Z., Liu L., Yan Q., Geng D., Wei M., Wan Y., Fan G., Yang H., Yang P. Effect of radiation processing on phenolic antioxidants in cereal and legume seeds: A review. *Food chemistry*, 2022, 396, 133661. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133661>
2. Wang S., Yu Z., Bao A., Zhang W. Study on the modeling method of sunflower seed particles based on the discrete element method. *Comput. Electron. Agric.*, 2022, 198, 107012. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107012>
3. Shorstkii I. A., Khudyakov D., Mirshekarloo, M. S. Pulsed electric field assisted sunflower oil pilot production: Impact on oil yield, extraction kinetics and chemical parameters. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2020, 60, 102309. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102309>
4. Sarapirom S., Yu L. D. Low-pressure and atmospheric plasma treatments of sunflower seeds. *Surface & Coatings Technology*, 2020, 126638. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2020.126638>



5. Ortiz-Hernández A.A., Araiza-Esquivel M., Delgadillo-Ruiz L., Ortega-Sígala J. J., Durán-Muñoz H., Méndez-García V. H., Yacamán M. J., Vega-Carrillo H. R. Physical characterization of sunflower seeds dehydrated by using electromagnetic induction and low-pressure system. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2020 <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102285>
6. Shorstkii I.A., Khudyakov D. Influence of pulsed electrical discharge, hydrostatic pressure and temperature on rheological properties of sunflower cake during oil pressing. *Heliyon*, 2020, 6. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e03046>
7. Tavakoli A., Sahari M. A., Barzegar M., Ahmadi Gavlighi H. Optimization of high voltage electric field as a novel non-thermal method of sunflower oil neutralization. *Separation and Purification Technology* 2019 <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2018.10.004>
8. Zhao L., Liu W., Lian J., Shen M., Huo X. Effects of electric fields on Cd accumulation and photosynthesis in *Zea mays* seedlings. *Journal of environmental management*, 2020, 276, 111328. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111328>
9. Dibagar N., Kowalski S. J., Chayjan R. A., Figiel A. Accelerated convective drying of sunflower seeds by high-power ultrasound: Experimental assessment and optimization approach. *Food and Bioprocess Technology*, 2020, 123, 42–59. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.05.014>
10. Subaşı B. G., Jahromi M., Casanova F., Çapanoğlu E., Ajallouei F., Mohammadifar M. A. Effect of moderate electric field on structural and thermo-physical properties of sunflower protein and sodium caseinate. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2021 <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102593>

Стаття надійшла до редакції 11.04.2023 р.

O. Yurchenko, H. Barsukova
Sumy National Agrarian University

USING A PULSE ELECTRIC FIELD AS A WAY OF IMPROVING SEED QUALITY INDICATORS

Summary

Harvesting certain agricultural crops or breeding new hybrids and high-quality varieties of plants in agriculture today is an important stage in the development of not only individual farms specializing in the cultivation of elite varieties, but also the entire industry of the country as a whole. The food security of the state has a foundation based on the increase in the production of raw materials, food products, etc. We are talking about all types of agricultural products produced today by all branches of agriculture, starting from crop production and ending with ready-made food products that have passed through several stages of manufacturing, starting with the harvesting process and ending



with the finished product on the assembly line. However, in order to obtain that high-quality food product, you should have the starting element of appropriate quality, and, accordingly, the seed material. This may mean that the predicted scale of harvesting directly depends on the quality of the seed and on the extent to which its elements have preserved the ability of friendly, gradual germination and active phase of development in the first periods. The plant industry supports the concept of organic farming, as a result of which a special role is given to the improvement of seed quality and ecological safety of the original seed material. This is largely influenced by preliminary preparation and pre-sowing treatment. The approach to this kind of seed quality optimization can be based on different methods. This work presents a method of improving the quality of seed material by treating it with a pulsed electric field. The strategy of using means to control pests, parasitic plants and increasing nutrients in the seed itself has led to the massive use of toxic chemicals, dyes and growth stimulants, which subsequently negatively affects not only the safe composition of the final material, but the ability of the soil to produce high yields, which was avoided when using the method presented in this work.

Key words: converter, frequency, oscillation, voltage, current.