

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЕЛЕКТРОІМПУЛЬСНОЇ ОБРОБКИ СТОКІВ СВИНОКОМПЛЕКСІВ

**А. І. Чміль, доктор технічних наук, професор**

E-mail: [a.chmil@ukr.net](mailto:a.chmil@ukr.net)

**Ю. О. Олійник, аспірант**

E-mail: [oljinik1202@ukr.net](mailto:oljinik1202@ukr.net)

**Національний університет біоресурсів і природокористування України**

**Анотація.** Інтенсифікація та механізація свинокомплексів сприяли збільшенню поголів'я та виробленої продукції, а разом із тим швидким нагромадженням гнойових стоків. Велика кількість відходів тварин на комплексах з інтенсивними технологіями виробництва продукції переважає конверсійну здатність ґрунтів та води, посилюючи цим екологічний тиск на довкілля. Існуючі технології обробки та знезараження не можуть повною мірою виконувати свої функції, оскільки потребують великих затрат, та в деяких випадках можуть спричиняти негативний вплив на ґрунти. Негативні тенденції погіршення навколишнього середовища неефективною обробкою стоків спонукає до знаходження нових перспективних методів обробки. Розширення спектру застосування електротехнологій в сільськогосподарському виробництві викликає все більшу увагу до електроімпульсної обробки, принцип дії якої заснований на так званому ефекті Юткіна. Цей метод обробки раніше застосовувався в гірничій промисловості та обробці металів, зараз стало перспективним застосовувати електроімпульсну обробку для впливу на органічні речовини. У статті розглянуто важливі питання експлуатації лабораторної установки для електроімпульсної обробки стоків тваринницьких комплексів. Оскільки установка високовольтна, важливо правильно підібрати необхідні параметри роботи, оскільки процес обробки стоків супроводжується локальним підвищенням тиску в робочій камері та так званим процесом кавітації. Процес кавітації, в свою чергу, відіграє важливу роль в знезараженні відходів, оскільки рідкі стоки містять в собі білок, а при електроімпульсній обробці відбувається денатурація білка (розщеплення), що унеможливорює розвиток патогенних мікроорганізмів та знешкоджує наявні гельмінти. Важливим питанням є вибір оптимальних параметрів роботи експериментальної лабораторної установки для безпечної роботи та проведення відповідних вимірювань. Використовуючи положення теоретичних основ електротехніки, розраховано основні параметри і режими роботи та теоретично досліджено процес, що відбувається під час обробки стоків.

**Ключові слова:** очистка відходів, електроімпульсна обробка

**Актуальність.** Типові та застарілі методи поводження з рідкими відходами свиновідгодівельних комплексів не дають можливість повною мірою забезпечити ефективне очищення. Ефективне функціонування великих свиновідгодівельних комплексів тісно пов'язане з раціональним поводженням з відходами, оскільки на сучасному етапі виробництва сільськогосподарської продукції велика увага приділяється екологічній безпеці. З поміж існуючих методів обробки відходів найбільш ефективним та екологічно безпечним є метод електроімпульсної обробки. Зважаючи на особливості роботи високовольної експериментальної електроімпульсної установки необхідно обрати оптимальні параметри обробки. Оскільки у звичайних імпульсних генераторах не враховується часова характеристика спрацювання розрядників, затримка розряду, параметри каналу розряду, то необхідно напрацювати методику моделювання процесів розряду в іскровому проміжку.

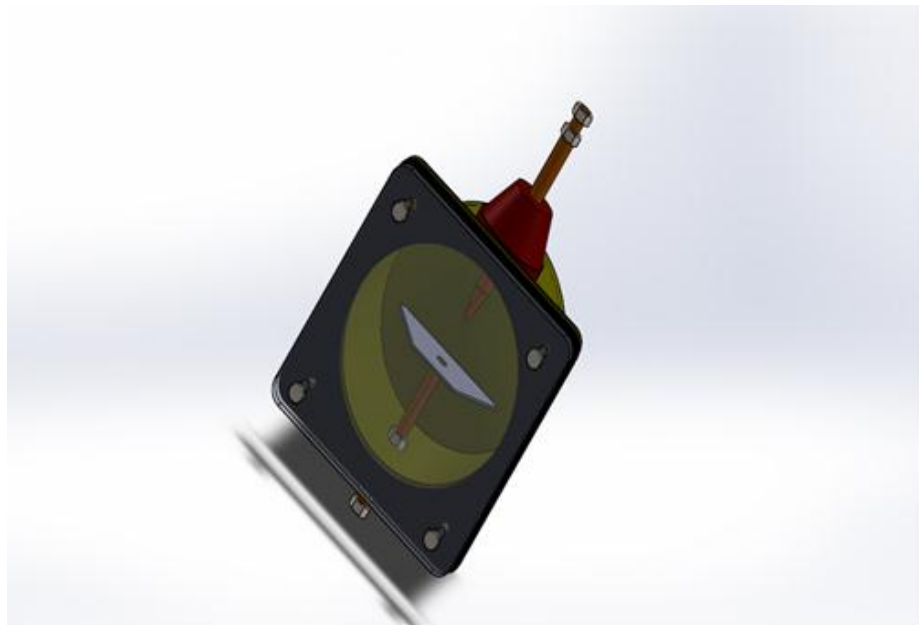
**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Щороку в країні накопичуються мільйони тон органічних відходів тваринницьких комплексів та ферм, які несуть в собі з одного боку екологічну небезпеку, а з іншого – є ефективним природним добривом. Однак давно відомо, що вносити без обробки відходи тваринницьких комплексів не можна. З поміж існуючих методів очищення відходів останнім часом велика увага приділяється фізичним методам обробки, а саме електроімпульсній обробці, заснованій на явищі електрогідроудару, що супроводжується виникненням процесу кавітації [3, 6, 7]. Механізм електроімпульсної обробки речовин та матеріалів викликає все більшу зацікавленість в дослідників, та знаходить широке застосування як в промисловості, так і в сільськогосподарському виробництві [1, 2, 4, 5].

**Мета дослідження** - обґрунтування параметрів роботи експериментальної установки для електроімпульсної обробки відходів.

**Матеріали та методи дослідження.** Для отримання картини розряду в формуючому проміжку експериментальної електроімпульсної установки проводились дослідження із використанням положень теоретичних основ

електротехніки. Обробка результатів здійснювалась за ГОСТ 26713, ГОСТ 31343 та іншими нормативними документами.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Для вивчення впливу електроімпульсної обробки на рідкі відходи створена лабораторна установка, яка складається з робочої камери з формуючим проміжком, високовольтного джерела живлення, високовольтного конденсатора на 10,5 кВ, випрямного моста, захисного розрядника та з'єднувального електрокабеля. Робота схеми генератора імпульсних струмів заснована на відомому принципі ємнісного накопичення енергії з напругою, яка не перевищує 10 кВ. Анод має додаткову ізоляцію для безпечного регулювання розрядного проміжку в робочій камері (рис.1).



**Рис. 1. Загальний вигляд робочої камери з формуючим проміжком**

Теоретично дослідити процес проходження електричного розряду в рідких відходах можна, використовуючи аналіз перехідного процесу в електричній ланці, яка складається з активного опору, ємності та індуктивності. Високовольтний конденсатор, який застосовується в установці, має малу індуктивність та підвищену стійкість ізоляції при роботі на високій частоті розряду. Під час електроімпульсної обробки в конденсаторі накопичується енергія, яка визначається за формулою:

$$W_c = \frac{cU^2}{2}, \quad (1)$$

де  $C$  – ємність конденсатора, мкФ;  $U$  – напруга заряджання конденсатора, кВ.

Під час розряджання конденсатора відбувається електричний пробій в формуючому проміжку робочої камери, що спричиняє коливальний рух рідини, потужне електромагнітне випромінювання в дуже короткі проміжки часу, ініціюючи мікрровибухи. Потужна хвиля викликає кавітаційний процес, який супроводжується розділом частинок дисперсної фази. Відбувається електрогідравлічний ефект – електрична енергія конденсатора  $W_c$  перетворюється в механічну енергію  $W_m$ . Це можна виразити у вигляді коефіцієнту корисної дії:

$$\eta_m = W_m/W_c, \quad (2)$$

При одній парі електродів водні проміжки мають активний опір, Ом:

$$R = \frac{l}{\sigma \cdot s}, \quad (3)$$

де  $l$  – відстань між сусідніми електродами, м;  $s$  – ефективна поверхня електродів, м<sup>2</sup>;  $\sigma$  – питома провідність водяного проміжку, См.

Розрядний проміжок робочої камери стрижень-площина визначається за формулою:

$$l = 4\pi\epsilon_0\epsilon r_b \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sinh(\ln(\sqrt{D^2 - 1}))}{\sinh(n \ln(D + \sqrt{D^2 - 1}))}, \quad (4)$$

де  $r_b$  – еквівалентний радіус стрижня, м;  $\epsilon$  – відносна діелектрична проникність.

$$D = \frac{f}{r};$$

де  $f$  – довжина розрядного проміжку, м.

Активні опори розрядного кола повинні бути мінімальними, оскільки в активному опорі розрядного кола виникають великі втрати.

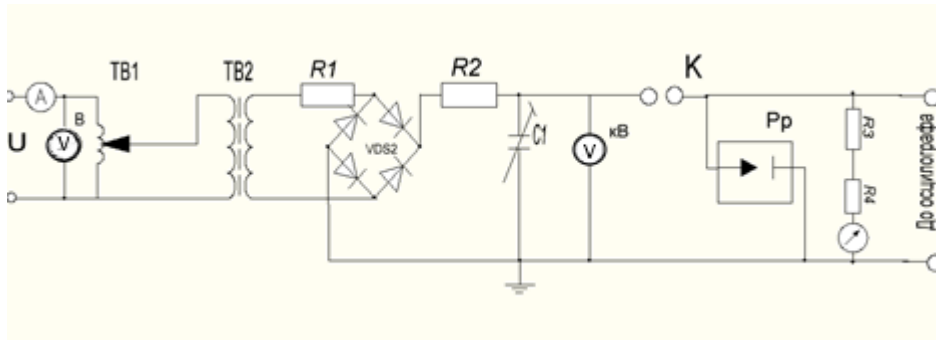
Для отримання максимальної потужності розряду в формуючому проміжку при передаванні енергії від конденсатора до іскри розряду активний опір елементів розрядного кола повинен бути:

$$R = 1,1 \sqrt{\frac{L}{C}}, \quad (5)$$

де  $L$  – індуктивність кола, Гн;  $C$  – ємність конденсатора, мкФ.

Для оптимальної роботи установки та з урахуванням конструктивних міркувань не доцільно надмірно збільшувати напругу, оскільки при цьому установка буде мати великі габарити і ускладняться її експлуатація та безпека обслуговування.

Принципова електрична схема лабораторної установки показана на рис. 2.



**Рис.2. Принципова електрична схема лабораторної електроімпульсної установки**

Для обмеження струму заряду низької та високої напруги та з метою безпечного обслуговування паралельно робочій камері під'єднано подільник напруги. Якщо отримані дані не відповідають технологічним вимогам, розрахунки повторюють, використовуючи метод послідовних наближень.

**Висновки та перспективи.** Розроблено експериментальну лабораторну установку для електроімпульсної обробки стоків тваринницьких комплексів. Теоретично досліджено та експериментально перевірено оптимальні параметри роботи установки.

### Список літератури

1. Голодний І. М. Використання електрогідроефекту для руйнування клітин водорості спіруліною Механізація та електрифікація сільського господарства. 2007. Вип. 92.
2. Ушаков В. Я., Климін В.Ф., Корнобейников С.М., Лопатин В.В. Пробой жидкостей при импульсном напряжении: под ред. проф., д.т.н. В.Я. Ушакова. Томск: Изд.-во НТЛ, 2005. 488 с.

3. Головка А. Н., Бондаренко А. М. Перспективы использования электрических методов для очистки жидких органических отходов животноводства. Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование. Вестник аграрной науки Дона. 2018. Вып. 1(41). С. 52 – 57.

4. Іваницький Г. К., Штурчкова Ю. О., Ганзенко В. В., Гоженко Л. П. та ін. Дослідження впливу кавітаційного механізму при пульсаційному екстрагуванні рослинної сировини. Наукові праці ОНАХТю Одеса, 2014. Вип. 45, т. 2. С. 112 – 115.

5. Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу «Високовольтні випробувальні установки» для підготовки спеціалістів та магістрів за напрямом підготовки 6.050701 «Електротехніка та електротехнології». Уклад. В.І. Хомініч. К.: ФЕА НТУУ «КПІ», 2015. 67 с.

6. ГОСТ 26713. Удобрения органические. Методы анализа. М.: Стандартиформ, 1989. 16 с.

7. ГОСТ 31343 Машины и оборудование для переработки и обеззараживания жидкого навоза. Методы испытаний. М.: Стандартиформ, 2009. 31 с.

### References

1. Golodnyj, I. M (2007). Vykorystannya elektrogidroefektu dlya rujnuvannya klityn vodorosti spiruliny. [Use of electrohydroeffect for destruction of spirulina algae cells]. Mexanizaciya ta elektryfikaciya silskogo gospodarstva, 92.

2. Ushakov, V. Ya., Klymyn, V. F., Kornobejnykov, S. M., Lopatyn, V. V. (2005). Proboj zhydkostej pry ympulsnom napryazheny [Breakdown of liquids at pulse voltage]. Tomsk: Yzd.-vo NTL, 488.

3. Golovko, A. N., Bondarenko, A. M. (2018). Perspektyvy yspolzovanyya elektrycheskyx metodov dlya ochystky zhydkyx organycheskyx otkodov zhyvotnovodstva. [Prospects for the use of electrical methods for cleaning liquid organic animal waste.]. Technology, sredstva mexanyzacyu y energetycheskoe oborudovanye. Vestnyk agrarnoj nauky Dona, 1(41).

4. Ivanyczkyj, G. K., Shturchkova, Yu. O., Ganzenko, V. V., Gozhenko, L. P. (2014). Doslidzhennya vplyvu kavitacijnogo mexanizmu pry pulsacijnomu ekstraguvanni roslynnoyi syrovyny [Investigation of the effect of the cavitation mechanism in the pulsating extraction of vegetable raw materials]. Naukovipraci ONAXT, 45 (2), 112 – 115.

5. . Hominich, V. I. (2015). Metodychni vkazivky do laboratornyx robit z kursu «Vysokovoltni vyprobuvalni ustanovky» dlya pidgotovky specialistiv ta magistriv za napryamom pidgotovky 6.050701 «Elektrotexnika ta elektrotexnologiyi». Denna forma navchannya [Methodological instructions for laboratory work in the course "High-voltage testing units" for the training of specialists and masters in the field of preparation 6.050701 "Electrical and electrotechnology"]. Kyiv: FEA NTUU «KPI», 67.

6. GOST 26713 (1989). Udobrenyya organycheskye. Metody analiza [Organic fertilizers. Analysis methods]. Moscow: Standartyform, 16.

7. GOST 31343 (2009). Mashyny y oborudovanye dlya pererabotky y obezzarazhy vany ya zhydkogo navoza. Metody y spityany`j [Machines and equipment for processing and disinfecting liquid manure. Test methods]. Moscow: Standartyform, 31.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ СТОКОВ СВИНОКОМПЛЕКСОВ

*А. И. Чмил, Ю. А. Олейник*

**Аннотация.** *Интенсификация и механизация свинокомплексов способствовала увеличению поголовья и продукции, а вместе с тем быстрым накоплением навозных стоков. Большое количество отходов животных на комплексах с интенсивным технологиям производства продукции превышает конверсионную способность почв и воды, усиливая этим экологическое давление на окружающую среду. Существующие технологии обработки и обеззараживания не могут в полной мере выполнять свои функции, поскольку требуют больших затрат, и в некоторых случаях могут оказывать негативное влияние на почву. Негативные тенденции ухудшения окружающей среды неэффективной обработкой стоков побуждают к поиску новых перспективных методов обработки. Расширение спектра применения электротехнологий в сельскохозяйственном производстве вызывает все большее внимание к электроимпульсной обработке, принцип действия которой основан на так называемом эффекте Юткина. Данный метод обработки ранее применялся в горной промышленности и обработке металлов, сейчас стало перспективным применять электроимпульсную обработку для воздействия на органические вещества. В статье рассмотрены важные вопросы эксплуатации лабораторной установки для электроимпульсной обработки стоков животноводческих комплексов. Поскольку установка высоковольтная, важно правильно подобрать необходимые параметры работы, процесс обработки стоков сопровождается локальным повышением давления в рабочей камере и так называемым процессом кавитации. Процесс кавитации в свою очередь играет важную роль в обеззараживании отходов, поскольку жидкие стоки содержат в себе белок, а при электроимпульсной обработке происходит денатурация белка (расщепление), что делает невозможным развитие патогенных микроорганизмов и обезвреживает имеющиеся гельминты. Важным вопросом является выбор оптимальных параметров работы экспериментальной лабораторной установки для безопасной работы и снятия данных измерений. Используя положения теоретических основ электротехники, выбраны основные параметры работы, теоретически исследован процесс, происходящий во время обработки стоков.*

**Ключевые слова:** *очистка отходов, электроимпульсная обработка*

## RESEARCH OF THE PROCESS OF ELECTRIC PULSE TREATMENT OF WASTE PIG COMPLEXES

*A. Chmil, Y. Oliinyk*

**Abstract.** *The intensification and mechanization of pig farms contributed to an increase in livestock and production, and at the same time, the rapid accumulation of*

*manure. A large amount of animal waste in complexes with intensive production technologies, the conversion capacity of soils and water predominates, increasing environmental pressure on the environment. Existing processing and disinfection technologies cannot fully fulfill their functions, since they are expensive and, in some cases, can have a negative effect on the soil. Negative trends in environmental degradation by inefficient treatment of effluents, prompts the search for new promising treatment methods. The expansion of the range of applications of electrical technologies in agricultural production is attracting increasing attention to electrical pulse processing, the principle of which is based on the so-called Yutkin effect. This processing method was previously used in mining and metal processing, now it has become promising to apply electric pulse processing to affect organic substances. The article discusses the important issues of the operation of a laboratory installation for electropulse treatment of wastewater from livestock complexes. Since the installation is high-voltage, it is important to choose the necessary operating parameters correctly, the sewage treatment process is accompanied by a local increase in pressure in the working chamber, and the so-called cavitation process. The cavitation process, in turn, plays an important role in the disinfection of waste, since essentially liquid effluents contain protein, and during electropulse processing, protein denaturation (cleavage) occurs, which makes it impossible to develop pathogenic microorganisms and neutralizes existing helminths. An important issue is the selection of the optimal parameters of the experimental laboratory setup for safe operation and removal of data measurements. Using the provisions of the theory of the foundations of electrical engineering, the main parameters of work are selected, the process that occurs during the treatment of drains is theoretically investigated.*

**Key words:** *waste treatment, electric pulse processing*