

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЕЛЕКТРОДНИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОСЕПАРАТОРІВ

Назаренко І. П.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

*Отримані графічні залежності, що дозволяють розрахувати теплові втрати в системах циліндричних багатозфазних електродів електросепараторів.*

**Постановка проблеми.** В технологіях очищення та сепарації рідин можуть використовуватись пристрої, в принцип роботи яких покладена взаємодія електричного поля з частинками домішок, що підлягають видаленню. Найбільш ефективно такі пристрої працюють в рідинах з малою електропровідністю: рослинні олії, рідини для змащування та охолодження, інші нафтопродукти та вуглеводневі рідини [1].

В таких рідинах можливо створювати електричне поле значної напруженості, що є умовою високоякісного очищення або сепарації. Але при великій напруженості електричного поля в слабопровідній рідині виникають теплові втрати відповідно закону Джоуля - Ленца.

Для врахування цих втрат потрібно визначити розподіл напруженості електричного поля в електродній області.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Для розрахунку електричного поля існує багато методів, кожний з яких підходить до певного класу задач електростатики [2].

В роботі [3] були порівняні результати моделювання електричного поля багаторядних систем циліндричних та пластинчастих електродів методом комплексного потенціалу та чисельним методом кінцевих елементів.

Було показано, що поле циліндричної системи електродів може бути описане методом комплексного потенціалу для системи дворядних пластинчастих електродів. При цьому потрібно враховувати похибку, пов'язану з прийнятим наближенням. Найбільша похибка виявилась в областях поблизу поверхні електродів.

**Мета статті.** Робота направлена на визначення теплових втрат в слабопровідній рідині, що знаходиться в електричному полі, створеному три та чотирифазними системами циліндричних електродів, розташованих рядами при різних співвідношеннях розмірів міжелектродної області та діаметрах електродів.

**Основні матеріали дослідження.** Питома електропровідність слабопровідних суспензій, що підлягають очищенню та сепарації, може знаходитись в досить широких межах - від  $10^{-6}$  до  $10^{-14}$  См/м. Тому в залежності від величини питомої електропровідності суспензії змінюються і енерговитрати, пов'язані з виділенням тепла, відповідно закону Джоуля - Ленца. Електропровідність електродних систем залежить від їх розмірів: відстані між електродами, діаметру та довжини електродів.

Ці параметри, а також величина напруги та схема її подачі на електроди і визначають енерговитрати на

проведення процесу очищення або сепарації суспензій в електричному полі.

Для визначення електропровідності систем циліндричних електродів проаналізовані результати вимірювання за стандартною методикою [4] та результатами математичного моделювання методом кінцевих елементів.

Для експериментального визначення електропровідності використовувались дворядні три - та чотирифазні системи циліндричних електродів з подачею напруги як з зсувом фаз між протилежними електродами, так і без зсуву в середовищі гліцерину, питома електропровідність якого складає  $1,6 \cdot 10^{-7}$  См/м.

При проведенні досліджень на електроди подавалась трифазна та чотирифазна напруга, яка вимірювалась кіловольтметром С - 196. Лінійний струм вимірювався мікроамперметром М265М.

Еквівалентна схема заміщення являє собою симетричний трикутник для трифазної системи та симетричний чотирикутник для чотирифазної. Фазна електропровідність для трифазної системи розраховувалась за формулою

$$Y = \frac{I}{\sqrt{3}U}, \quad (1)$$

а для чотирифазної - за формулою

$$Y = \frac{I}{\sqrt{4}U}, \quad (2)$$

де  $Y$  - фазна електропровідність, См;

$I$  - лінійний струм, А;

$U$  - напруга, В.

Для математичного моделювання електричного поля та визначення його параметрів використовувались програмні засоби "ELCUT". Програма дозволяє визначити потужність тепловиділення в об'ємі, якщо задані потенціали на відповідних поверхнях. Електропровідність розраховувалась за формулою

$$Y = \frac{P}{m \cdot U^2}, \quad (3)$$

де  $P$  - потужність тепловиділення в об'ємі, Вт;

$m$  - кількість фаз.

В таблиці 1 порівняно результати експериментального вимірювання з результатами моделювання та

визначення електропровідності трьох - та чотирьох-фазних дворядних систем циліндричних електродів при відстані між електродами в ряду та відстані між рядами - 2,5 мм, активній довжині електродів - 20 мм, діаметрі електродів - 1 мм і кількості електродів - 32 шт.

Таблиця 1 – Порівняння експериментальних даних з результатами моделювання по визначенню електропровідності гліцерину в багатofазних системах циліндричних електродів

Система напруг	Експериментальні вимірювання			Імітаційне моделювання	
	Напруга, кВ	Лінійний струм, мкА	Електропровідність, нСм	Потужність, Вт	Електропровідність, нСм
3 фази без зсуву	2,5	75	17,4	0,307	16,4
3 фази зі зсувом	2	75	21,7	0,252	21,0
4 фази без зсуву	3	63	14,9	0,51	14,2
4 фази зі зсувом	2	58	20,6	0,315	19,7

Результати свідчать про те, що розбіжність для всіх випадків не перевищує 6 %, що дає підставу аналізувати енерговитрати різноманітних конфігурацій систем циліндричних електродів на основі імітаційного моделювання без додаткової експериментальної перевірки.

Незалежно від схеми подачі напруги на електроди електропровідність фази визначається формулою [5]

$$Y = \frac{P}{m \cdot U^2} = C \cdot \sigma, \quad (4)$$

де  $C$  - коефіцієнт, що залежить від параметрів системи електродів, м;  
 $\sigma$  - питома електропровідність середовища, См/м.

Для двовірних електричних полів, які розглядаються в роботі, третє вимірювання поля (довжина електродів -  $B$ ) визначає тільки потужність і може не враховуватись при визначенні коефіцієнту  $C$ :

$$Y = C \cdot \sigma = K \cdot B \cdot \sigma, \quad (4)$$

де  $K$  - геометричний коефіцієнт системи електродів.

Геометричний коефіцієнт  $K$  циліндричних багаторядних систем електродів залежить від діаметру електродів, відстані між рядами та між електродами в ряду (або відстані між електродами в ряду та співвід-

ношення розмірів), кількості фаз та схеми подачі напруги на електроди.

Залежності геометричного коефіцієнту від діаметру електродів для різних співвідношень розмірів міжелектродної області трифазних та чотирифазних багаторядних систем електродів показані на рис. 1 - рис.4.

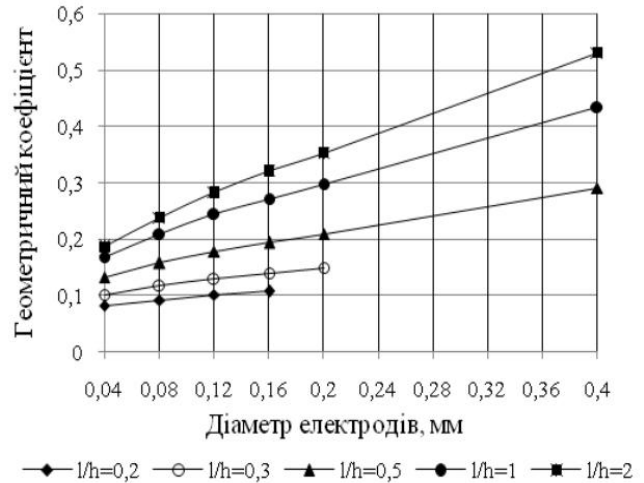


Рисунок 1 – Залежності геометричного коефіцієнту трифазної системи електродів без зсуву фаз між протилежними електродами

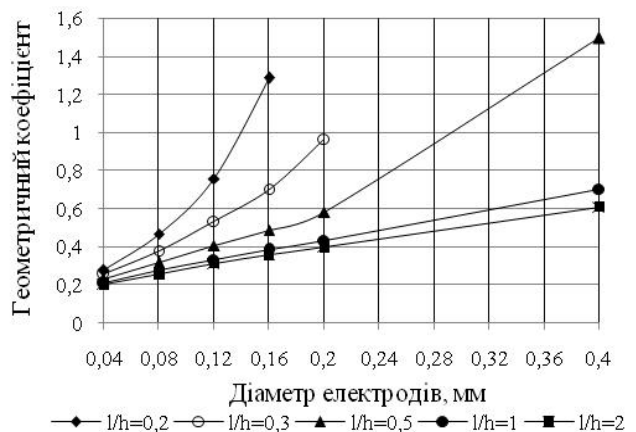


Рисунок 2 – Залежності геометричного коефіцієнту системи електродів зі зсувом фаз між протилежними електродами

Очевидно, що при збільшенні електродної області (область визначається відстанями між електродами та кількістю електродів) в  $n$  разів площа області та об'єм збільшуються в  $n^2$  разів, електричне поле зменшується в таку ж кількість разів, а щільність енергії поля та потужності тепловиділення зменшується в  $n^2$ . В результаті загальна потужність тепловиділення та фазна електропровідність не змінюються. Це дає підстави на основі графічних залежностей геометричного коефіцієнту електродної області від діаметру електродів при різних співвідношеннях розмірів міжелектродної області визначати електропровідність будь-якої системи циліндричних електродів, що розташовані рядами. Базовий розмір - відстань між електродами в ряду

$H$  для зручності розрахунків був прийнятий таким, що дорівнює 1 м.

Із співвідношення

$$\frac{d}{D} = \frac{h}{H}, \quad (5)$$

де  $d$ - діаметр електроду, м;

$D$ - діаметр електроду приведений до області з розміром  $H = 1$  м, для якої отримані залежності рис. 1 - рис.4, м

витакає:

$$D = \frac{d}{h}. \quad (6)$$

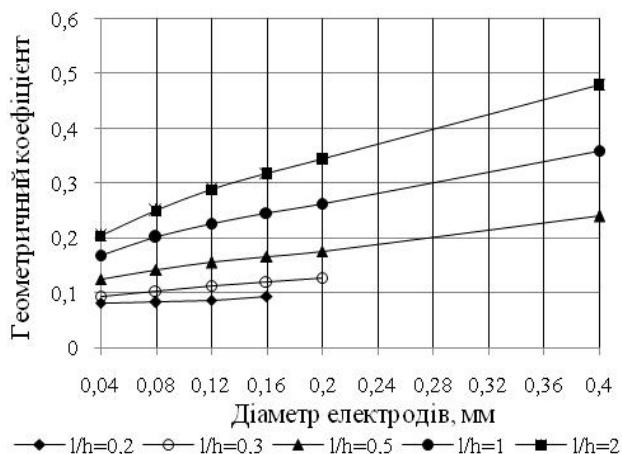


Рисунок 3 – Залежності геометричного коефіцієнту чотирифазної системи електродів без зсуву фаз між протилежними електродами

Геометричні коефіцієнти, що визначаються залежностями на рис. 1 - рис. 4, приведені у перерахунку до одного електроду.

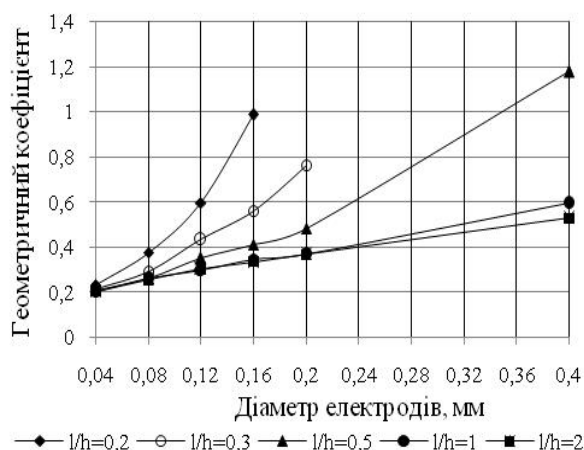


Рисунок 4 – Залежності геометричного коефіцієнту чотирифазної системи електродів зі зсувом фаз між протилежними електродами

Таким чином, для визначення фазної електропровідності систем електродів визначається приведений

діаметр за формулою (6), за величиною якого та співвідношенням розмірів міжелектродної області за графіками рис. 1 – рис. 4 визначається геометричний коефіцієнт  $K$ . Фазна електропровідність розраховується за формулою

$$Y = K \cdot B \cdot \sigma \cdot N, \quad (7)$$

де  $N$ - кількість електродів.

**Висновки.** Отримані результати дають змогу визначати електропровідність систем циліндричних електродів, теплові витрати та потужність пристроїв очищення та сепарації слабопровідних суспензій

#### Список використаних джерел

1. Эфендиев О. Ф. Электроочистка жидкости в пищевой промышленности / О. Ф. Эфендиев. – М.: Пищевая промышленность, 1977. –149с.
2. Миролюбов Н. Н. Методы расчета электростатических полей / Н. Н. Миролюбов, М. В. Костенко, М. Л. Левинштейн, Н. Н. Тиходеев. – М.: Высшая школа, 1963. - 415 с.
3. Назаренко І. П. Моделювання електричного поля багатоелектродних систем пристроїв електричної очистки та сепарації діелектричних суспензій / І. П. Назаренко, В. Ф. Яковлев, О. І. Лобода, С. В. Петриченко // Вісник Сумського національного аграрного університету. – Суми: СНАУ, 2012.- Вип.3(23): Механізація та автоматизація виробничих процесів.- С. 117-122.
4. ГОСТ 6581-75. Материалы электроизоляционные жидкие. Методы электрических испытаний. - Введ. 01.01.77. - М.: Изд-во стандартов, 2008. - 16 с.
5. Кудрявцев И. Ф. Электрический нагрев и электротехнология / И. Ф. Кудрявцев, В. А. Карасенко. - М.: Колос, 1975. - 384 с.

#### Аннотация

### ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОДНЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСЕПАРАТОРОВ

И. П. Назаренко

*Получены графические зависимости, которые позволяют рассчитать тепловые потери в системах цилиндрических многофазных электродов электросепараторов.*

#### Abstract

### RESEARCH OF POWER INDEXES OF SYSTEMS OF ELECTRODES OF ELECTROSEPARATORS

I. Nazarenko

*Graphic dependences which allow to expect thermal losses in the systems of cylinder many phases electrodes of electro-separators are got.*