

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ  
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**



**ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ  
81 НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ  
ВИКЛАДАЧІВ АКАДЕМІЇ**

**Одеса 2021**

Наукове видання

Збірник тез доповідей 81 наукової конференції викладачів академії  
27 – 30 квітня 2021 р.

Матеріали, занесені до збірника, друкуються за авторськими оригіналами.  
За достовірність інформації відповідає автор публікації.

Рекомендовано до друку та розповсюдження в мережі Internet Вченою радою  
Одеської національної академії харчових технологій,  
протокол № 14 від 27-29.04.2021 р.

Під загальною редакцією Заслуженого діяча науки і техніки України,  
Лауреата Державної премії України в галузі науки і техніки,  
д-ра техн. наук, професора Б.В. Єгорова

Укладач Т.Л. Дьяченко

Редакційна колегія

Голова Єгоров Б.В., д.т.н., професор  
Заступник голови Поварова Н.М., к.т.н., доцент

Члени колегії: Амбарцумянц Р.В., д-р техн. наук, професор  
Безусов А.Т., д-р техн. наук, професор  
Бурдо О.Г., д.т.н., професор  
Віннікова Л.Г., д-р техн. наук, професор  
Гапонюк О.І., д.т.н., професор  
Жигунов Д.О., д.т.н., доцент  
Іоргачова К.Г., д.т.н., професор  
Капрельянц Л.В., д.т.н., професор  
Коваленко О.О., д.т.н., проф.  
Косой Б.В., д.т.н., професор  
Крусір Г.В., д-р техн. наук, професор  
Мардар М.Р., д.т.н., професор  
Мілованов В.І., д-р техн. наук, професор  
Павлов О.І., д.е.н., професор  
Плотніков В.М., д-р техн. наук, доцент  
Станкевич Г.М., д.т.н., професор,  
Савенко І.І., д.е.н., професор,  
Тележенко Л.М., д-р техн. наук, професор  
Ткаченко Н.А., д.т.н., професор,  
Ткаченко О.Б., д.т.н., професор  
Хобін В.А., д.т.н., професор,  
Хмельнюк М.Г., д.т.н., професор  
Черно Н.К., д.т.н., професор

## МОДЕЛЮВАННЯ МІКРОХВИЛЬОВОГО НАГРІВАННЯ МАЗУТУ У ЗАЛІЗНИЧНІЙ ЦИСТЕРНІ

Тітлов О.С., д.т.н., професор, Бошкова І.Л., д.т.н., професор,  
Волгушева Н. В., к.т.н., доцент, Альтман Е.І., к.т.н., доцент  
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

При створенні ресурсо- та енергозберігаючих, екологічно безпечних технологій застосування мікрохвильового випромінювання є одним з найперспективніших напрямів [1,2]. Нагрівання в мікрохвильовому полі характеризується високою швидкістю і великою ефективністю. Актуальним завданням транспортування в'язких нафтопродуктів є їх розвантаження з ємностей зберігання або транспортування, наприклад, з залізничних цистерн [3]. Для розвитку методу мікрохвильового нагріву нафти проводиться вивчення теплових ефектів і температурних полів в продукті.

Математична модель нагрівання нафтопродукту в резервуарі від дії мікрохвильового джерела ґрунтується на припущенні, що розповсюдження теплоти здійснюється в необмеженому масиві в процесі теплопровідності в умовах дії внутрішніх джерел енергії. Приймаючи, що теплофізичні властивості постійні, а потужність мікрохвильового поля визначається дією внутрішніх джерел теплоти  $q_v$ , диференціальне рівняння теплопровідності приймає наступний вигляд:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \nabla^2 t + \frac{q_v}{\rho c_p}, \quad (1)$$

де  $a$  – коефіцієнт температуропровідності,  $\rho$  – густина нафтопродукту,  $c_p$  – його теплоємність.

Умови однозначності прийняті наступні:

- нафтопродукт представляє необмежений масив;
- початковий розподіл температури масиву є однорідним.

Завдання вирішувалася в сферичних координатах, для яких оператор Лапласа  $\nabla^2$  за умови, що температура змінюється тільки по радіусу  $r$ , має такий вигляд:

$$\nabla^2 t = \frac{\partial^2 t}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial t}{\partial r}, \quad (2)$$

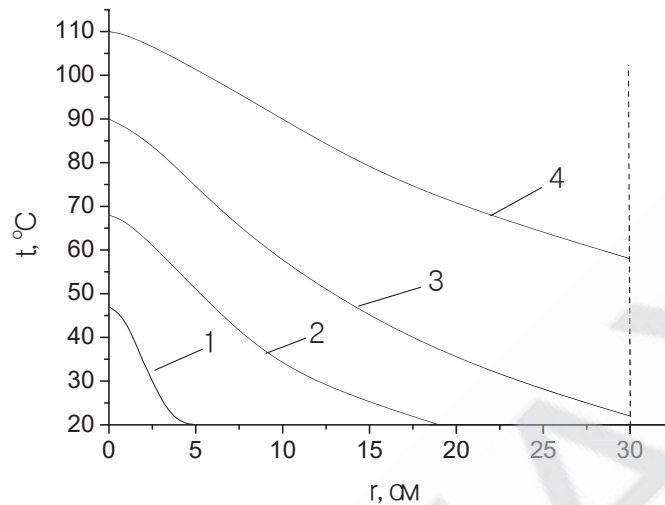
Граничною умовою є  $\left(\frac{\partial t}{\partial r}\right)_{r=\infty} = 0$ , де  $r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$  (Початок координат поміщено в розглянутий об'єм).

При розрахунку температур застосовувався метод кінцевих різниць.

У розрахунках були використані наступні значення фізичних характеристик:  $\rho = 950$  кг/м<sup>3</sup>,  $c_p = 3$  кДж/(кг·К),  $L = 300$  кДж/кг,  $\lambda = 0.125$  Вт/(м·К) [4]. Відповідно до [5], для мазуту відносна діелектрична проникність  $\epsilon' = 3,5-4,5$  і глибина проникнення  $\text{tg} \delta = 0,013-0,03$ , що характерно для діелектриків, які досить ефективно поглинають мікрохвильову енергію.

При проведенні розрахунків передбачалося, що на початковому етапі злив не проводиться, йде нагрів нерухомого об'єму нафтопродукту (мазут). Після досягнення температури мазуту 60 °С (рекомендована для зливу) близько зливного отвору, починається його відкачування. При цьому до випромінювача починають підходити потоки не розігрітого продукту. Процес нагріву може тривати до тих пір, поки нафта не опуститься до рівня зливного отвору.

Розрахунки температур мазуту проведені на відстані від 0 (джерело мікрохвильової енергії) до 30 см (зливний отвір). На рис. 1 представлено температурне поле в нафтопродукті для різних проміжків часу.



$1 - \tau = 1 \text{ хв}$ ,  $2 - \tau = 10 \text{ хв}$ ,  $3 - \tau = 65 \text{ хв}$ ,  $4 - \tau = 116 \text{ хв}$

**Рис. 1 – Розрахункова зміна температури мазуту в цистерні при мікрохвильовому нагріванні**

Температура мазуту в часі зростає, фронт нагрітої області розширюється. Через 65 хв цей фронт досягає зливного отвору, однак температура нафти недостатня для запуску процесу відкачування. З рис. 1 видно, що температура мазуту 60 °C у зливного отвору буде досягнута через 116 хв. Витрата мазуту при його відкачуванні з урахуванням того, що довколишні шари є більш нагрітими, складе 0,17 кг/с. Щоб збільшити витрату, забезпечивши досягнення необхідної температури у зливного отвору 60 °C, можна встановити магнетрон більшої потужності, наприклад, 15 кВт. Тоді витрата збільшиться до 0,93 кг/с.

Схемне рішення для мікрохвильового пристрою дозволяє розташувати джерело випромінювання в безпосередній близькості до зливного отвору. Пропонується помістити мікрохвильове пристрій в порожню трубу, яка може бути приєднана до верхнього люка. Випромінювач мікрохвильової енергії при цьому виходить з нижньої основи труби і розташовується безпосередньо над зливом на відстані 1,5 глибини проникнення. При такому розташуванні джерела щодо зливного отвору нагрів, і, відповідно, зниження в'язкості нафтопродукту, буде спостерігатися в зоні зливу, що здатне істотно інтенсифікувати процес і знизити витрати енергії на нагрівання.

#### Література

1. Wenfeng WU, Jiakuo ZHANG, Jinshu LU, Jialin GAO, Fan SUN, Jiajia DENG, and Dongze WEI Temperature Field Distribution Analysis for Cargo Oil. Thermal science, 2020, Vol. 24, No. 5B, pp. 3413-3421.
2. Adrian Porch, Dan Slocombe, Jan Beutler. Microwave treatment in oil refining. Appl Petrochem Res. 2012, Vol.2, pp. 37-44.
3. Jin, ZH, Research on Heating and Heat Preservation Process of Tanker Cargo Based on fluent Platform, Dalian Maritime University (in Chinese), Dalian, China. 2006, pp. 42-46.
4. И.Ф. Домнин, М.М. Резинкина. Расчетное исследование тепловых процессов при высокочастотном нагреве нефтепродуктов // Вісник НТУ «ХПІ». 2013. № 33. – 51-55.
5. Э.Васильев, О.Морозов, С.Степанов, В.Цыбко. СВЧ-разогрев загустевших нефтепродуктов в железнодорожных цистернах // Электроника для ТЭК. 1999.

## СЕКЦІЯ «НАФТОГАЗОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ, ІНЖЕНЕРІ ТА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ»

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРОБКИ ПРИСТРОЮ ДЛЯ МІКРОХВИЛЬОВОЇ ОБРОБКИ РОСЛИННИХ МАТЕРІАЛІВ	
<b>Бошкова І.Л., Волгушева Н.В., Потапов М.Д., Шабля О. П.</b> .....	225
КОНСТРУЮВАННЯ РЕГЕНЕРАТОРА З РУХОМОЮ ГРАНУЛЬОВАНОЮ НАСАДКОЮ	
<b>Арику А.В., Мукмінов І. І., Бондаренко О. С.</b> .....	227
МОДЕЛЮВАННЯ МІКРОХВИЛЬОВОГО НАГРІВАННЯ МАЗУТУ У ЗАЛІЗНИЧНІЙ ЦИСТЕРНІ	
<b>Тітлов О.С., Бошкова І.Л., Волгушева Н.В., Альтман Е.І.</b> .....	229
ПЕРЕВАГИ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВИМОРОЖУВАННЯ ДЛЯ ОПРІСНЕННЯ ВОДИ	
<b>Василів О.Б., Проць Б.М., Вовченко А.І.</b> .....	231
РОЗРАХУНОК ВИТРАТ ПЕЛЛЕТ НА ОПАЛЕННЯ	
<b>Волчок В.О.</b> .....	232
ШЛЯХИ ОПТИМІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТУВАННЯ ВИСОКОВ'ЯЗКОЇ НАФТИ	
<b>Георгієш К.В.</b> .....	233
ПАРАДІГМА ЗАСТОСУВАННЯ АДРЕСНОГО ЗАВОДНЕННЯ НАФТОВИХ ПОКЛАДІВ НА ПІЗНІЙ СТАДІЇ РОЗРОБКИ РОДОВИЩ	
<b>Дорошенко В.М., Тітлов О.С.</b> .....	235
ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИЛУЧЕННЯ ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТУ З ПЛАСТА В УМОВАХ РЕТРОГРАДНОЇ КОНДЕНСАЦІЇ	
<b>Тітлов О.С., Дорошенко В.М.</b> .....	237
ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ВИДОБУТКУ ГАЗОВИХ ГІДРАТІВ	
<b>Сагала Т.А., Біленко Н.О.</b> .....	239
МОДЕЛЮВАННЯ ОХОЛОДЖЕННЯ ГАЗУ В МАГІСТРАЛЬНОМУ ТРУБОПРОВОДІ	
<b>Кологривов М.М., Бузовський В.П.</b> .....	240
ДО ПИТАННЯ КОНТРОЛЮ ТА РЕГУЛЮВАННЯ САЙКЛІНГ-ПРОЦЕСУ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ГІДРОПРОСЛУХОВУВАННЯ ПРОДУКТИВНОГО ПЛАСТА	
<b>Світлицький В.М.</b> .....	243

## СЕКЦІЯ «ТЕРМОДИНАМІКИ ТА ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ»

ТЕПЛОВІ СХЕМИ ГЕОТЕРМАЛЬНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ БІНАРНОГО ТИПУ	
<b>Подмазко О.С.</b> .....	245
МАШИННЕ НАВЧАННЯ В ТЕХНІЧНІЙ ТЕРМОДИНАМІЦІ	
<b>Мазур В.О., Артеменко С.В.</b> .....	246
ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ НА ГЛОБАЛЬНОМУ ТА ЛОКАЛЬНОМУ РІВНЯХ	
<b>Бошков Л.З.</b> .....	246
ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ПРОБЛЕМИ СУЧАСНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ВІТРОВОЇ ЕНЕРГІЇ	
<b>Бошков Л.З., Філіпенко О.О., Абу Халіль Кассем</b> .....	248
ПЕРСПЕКТИВИ ТЕПЛОВИХ СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ З ПРЯМИМ ПОГЛИНАННЯМ ПРОМЕНЕВОЇ ЕНЕРГІЇ	
<b>Хлісва О.Я.</b> .....	249

## СЕКЦІЯ «ЕКОЛОГІЯ ТА ПРИРОДООХОРОННІ ТЕХНОЛОГІЇ»

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ МАТРИЧНИХ МЕТОДІВ В ЕКОЛОГІЧНІЙ ОЦІНЦІ	
<b>Крусір Г.В., Шевченко Р.І., Мадані М.М., Гаркович О.О.</b> .....	250
ВАЖКІ МЕТАЛИ У ДИТЯЧИХ МОЛОЧНИХ СУМІШАХ	
<b>Кузнецова І.О., Крусір Г.В., Гаркович О.І.</b> .....	252
ОЦІНКА ЯКІСНОЇ І КІЛЬКІСНОЇ СКЛАДОВОЇ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ	
<b>Мадані М.М., Гаркович О.І., Шевченко Р.І.</b> .....	253
ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕКИ ВТОРИННИХ МАТЕРІАЛЬНИХ РЕСУРСІВ В ОЛІЙНО-ЖІРОВОЇ ГАЛУЗІ	
<b>Недобійчук Т.В., Трубнікова А.В., Чабанова О.Б.</b> .....	254
ХАРАКТЕРИСТИКА ЕКОЛОГІЧНИХ АСПЕКТІВ ПІДПРИЄМСТВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ	
<b>Сагдєєва О.А., Кузнецова І.О.</b> .....	256

## СЕКЦІЯ «ЕКОНОМІКА ПРОМИСЛОВОСТІ»

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ОДЕСЬКОГО РАЙОНУ ЯК СОЦІАЛЬНО-ПРОСТОРОВОГО ТА АДМІНІСТРАТИВНОГО УТВОРЕННЯ	
<b>Павлов О.І.</b> .....	258