

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ  
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**



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

**Одеса 2016**

## Наукове видання

Збірник тез доповідей 75 наукової конференції викладачів академії  
18 – 22 квітня 2016 р.

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

Під загальною редакцією Заслуженого діяча науки і техніки України,  
д-ра техн. наук, професора Б.В. Єгорова  
Укладач Л. В. Агунова

Редакційна колегія

Голова

Єгоров Б. В., д-р техн. наук, професор

Заступник голови

Капрельянц Л. В., д-р техн. наук, професор

Члени колегії:

Амбарцумянц Р. В., д-р техн. наук, професор  
Безусов А. Т., д-р техн. наук, професор  
Віннікова Л. Г., д-р техн. наук, професор  
Гапонюк О. І., д-р техн. наук, професор  
Жигунов Д. О., д-р техн. наук, доцент  
Іоргачева К. Г., д-р техн. наук, професор  
Коваленко О. О., д-р техн. наук, ст. наук. співробітник  
Крусір Г. В., д-р техн. наук, професор  
Мардар М. Р., д-р техн. наук, професор  
Мілованов В. І., д-р техн. наук, професор  
Осипова Л. А., д-р техн. наук, доцент  
Павлов О. І. д-р екон. наук, професор  
Плотніков В. М., д-р техн. наук, доцент  
Савенко І. І. д-р екон. наук, професор  
Тележенко Л. М. д-р техн. наук, професор  
Ткаченко Н. А., д-р техн. наук, професор  
Ткаченко О. Б., д-р техн. наук, доцент  
Хобін В. А., д-р техн. наук, професор  
Хмельнюк М. Г., канд. техн. наук, доцент  
Станкевич Г. М., д-р техн. наук, професор  
Черно Н. К., д-р тех. наук, професор

**НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ ПРОБЛЕМИ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ**

### Список літератури

1. Chemat, F. Microwave-assisted extraction for bioactive compounds. Theory and practice [Text] / F. Chemat, G. Gravotto. – New York: Springer, 2013. – 248 p.
2. Kaufmann, B. Recent extraction techniques for natural products: Microwave-assisted extraction and pressurized solvent extraction [Text] / B. Kaufmann, P. Christen // Phytochemical Analysis, 2002. – Vol.13. – P. 105–113.

## ТЕПЛООБМІН І ДИСИПАЦІЯ ЕНЕРГІЇ ПОТОКУ В НАГНІТАЛЬНИХ СВЕРДЛОВИНАХ ЦИРКУЛЯЦІЙНИХ СИСТЕМ

**Кологривов М. М., канд. техн. наук, доцент, Притула В. В., д-р техн. наук, професор,  
Андерсон А. Ю., аспірант  
Одеська національна академія харчових технологій**

Проблема трубопровідного транспорту високов'язкої і високозастигаючої нафти є актуальною. Пропонується новий спосіб підігріву нафти гарячою водою за допомогою геотермальної циркуляційної системи. Відомі дослідження роботи геотермальних (петрогеотермальних) циркуляційних систем не дозволяють кількісно оцінити зміну температури потоку в свердловинах внаслідок теплообміну з ґрунтом і при наявності часткової дисипації енергії.

Відповідно до прийнятої фізичної моделі лімітуючий вплив на теплообмін (вода — масив порід) надає термічний опір породи. У розрахунках за прийнятої математичної моделі теплообміну враховується теплота, яка виділяється при дисипації енергії від тертя потоку по поверхні труби [1].

Відомі результати розрахунків за аналогічною математичною моделлю не враховували ефект від дисипації енергії потоку [2]. Передбачалося, що цим доданком у балансовому рівнянні теплообміну можна знехтувати при швидкостях потоку менше 10 м/с (витрата циркуляційної води менше 1000 м<sup>3</sup>/год). Необхідно відзначити, що при тривалій експлуатації циркуляційної системи температура води по висоті свердловини істотно змінюється через прогріву породи і зміни гідравлічного опору. Динаміка зміни температури представляє науковий інтерес.

Тепловиділення, які залежать від втрат напору на тертя по довжині свердловини глибиною до трьох кілометрів, визначаються за класичними формулами гідравліки. За умови постійного витрати циркуляційної води і незмінності величини шорсткості поверхні розрахункові тепловиділення від втрат напору на тертя практично постійні. Величина теплообміну, зумовлена різницею температур циркуляційної води і оточуючих гірських порід, змінюється з часом, через зміну температури масиву порід. Змінюється і частка тепловиділень від втрат напору в загальному теплообміні.

Ефект урахування дисипації енергії потоку наочніше показати для нагнітальної свердловини, ніж для експлуатаційної. В нагнітальну свердловину надходить охолоджена вода, яка при русі вниз нагрівається за рахунок теплообміну з масивом порід і за рахунок дисипації енергії потоку.

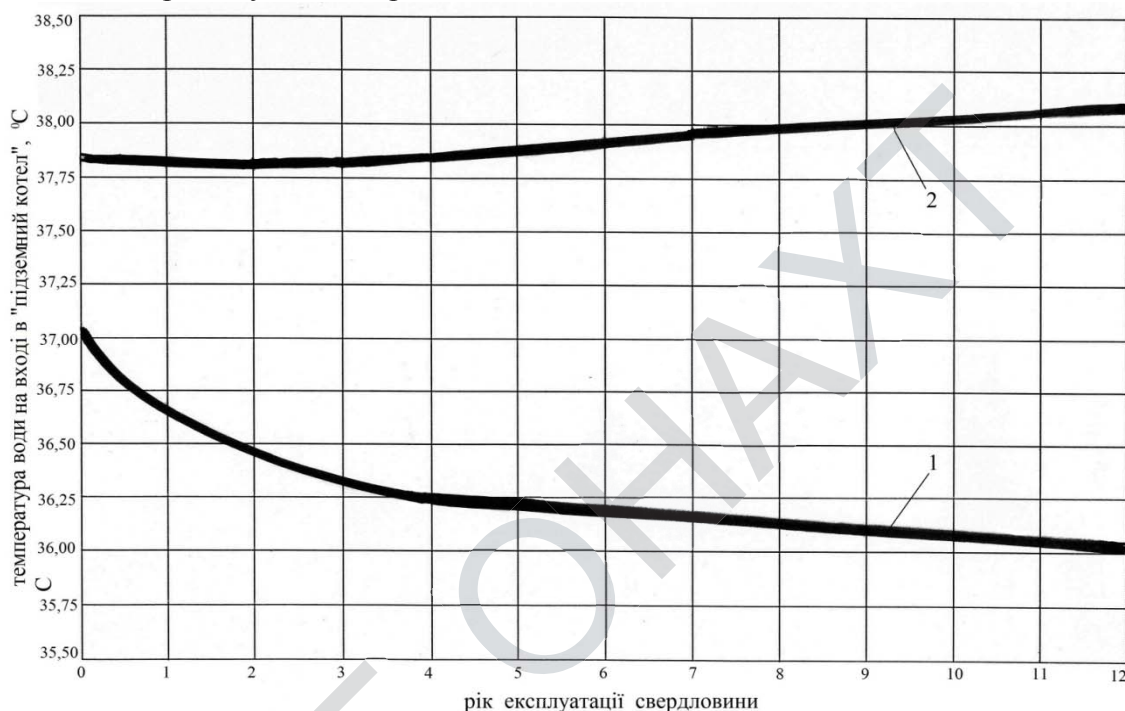
В якості об'єкта для чисельного моделювання нами прийнятий варіант геотермальної циркуляційної системи з наступними характеристиками: глибина свердловин — 3000 м, внутрішній діаметр труб 100 мм, циркуляційний теплоносіє — вода технічної якості, температура води на виході з підземного котла — 95 °С, температура води після теплообмінників — 35 °С, середнє значення коефіцієнта теплопровідності порід по висоті свердловини — 2,2 Вт/(м<sup>2</sup>•°С), щільність порід — 1000 кг/м<sup>3</sup>.

При тривалій експлуатації труб відбувається збільшення шорсткості на їх внутрішніх поверхнях під дією корозії та ерозії. При гідравлічних розрахунках оперують середнім значенням шорсткості. Нами прийнята середня швидкість корозії 0,25 мм/рік. За 12 років експлуатації прогнозується зменшення товщини стінки труби на 3 мм. З урахуванням довідко-

вих значень типових шорсткостей нами зроблено припущення, що величина шорсткості поверхні труб знаходиться в прямій залежності від величини корозії металу. Чим довше експлуатується свердловина, тим більше шорсткість і тим більше ефект дисипації енергії потоку.

Аналіз результатів чисельного моделювання показав, що для експлуатаційної свердловини частка тепловиділень від дисипації енергії потоку по відношенню до теплових втрат в масив порід змінюється від 0,7 % в початковий період роботи системи і до 32 % — в кінці 12-річного періоду її експлуатації.

Для нагнітальної свердловини отриманий результат чисельного моделювання не є очевидним. У початковий період експлуатації системи частка тепловиділень від дисипації енергії потоку менше теплопритоків від масиву порід на воді (8 %), а в кінці періоду експлуатації системи перевищує її в два рази.



**Рис. 1 — Залежність температури води на вході в «підземний котел» (глибина 3 км) від терміну експлуатації системи циркуляції з витратою води 100 м<sup>3</sup>/годину:**

- 1 — без обліку ефекту дисипації енергії потоку;  
2 — з обліком ефекту дисипації енергії потоку*

З аналізу графічних даних малюнка видно, що при температурі входу води в нагнітальну свердловину 35 °С вона нагрівається при русі вглиб за рахунок теплообміну з масивом порід і за рахунок дисипації енергії потоку. У початковий період експлуатації системи частка нагріву за рахунок дисипації енергії становить 0,7 °С в загальному нагріванні на 2,8 °С. Через 12 років експлуатації розглянута частка становить 2,1 °С у загальному нагріванні на 3,1 °С.

Найбільша зміна температури води у свердловинах відбувається протягом перших 10...15 діб після запуску системи при загальному періоді експлуатації 12 років.

Частка тепловиділень від дисипації енергії потоку в загальному теплообміні протягом періоду експлуатації змінюється для нагнітальної свердловини (спадної) від 8 % до 200 %, а для експлуатаційної (висхідній) — від 0,7 % до 32 %.

### Список літератури

1. Андерсон, А. Ю. Влияние диссипации энергии на температуру теплоносителя в скважинах геотермальной циркуляционной системы [Текст] / А. Ю. Андерсон, М. М. Кологривов, В. В. Притула // Нафтогазова енергетика – 2016. – № 1. – 9 с.

2. Дядькин, Ю. Д. Теплообмен в глубоких скважинах и зонах фильтрации при извлечении тепла сухих горных пород [Текст] / Ю. Д. Дядькин, Ю. М. Парийский, В. А. Романов. – Л.:ЛГИ, 1974. – 40 с.

## АНАЛІТИЧНА МОДЕЛЬ ТЕПЛООБМІНУ В РЕГЕНЕРАТОРІ З ДИСПЕРСНОЮ НАСАДКОЮ

**Потапов М. Д., канд. техн. наук, доцент  
Одеська національна академія харчових технологій**

Для аналітичного дослідження процесів теплообміну складена методика розрахунків теплообмінника-утилізатора з дисперсною насадкою. Мета розрахунків — визначення площі поверхні шару в контактному теплообміннику, геометричних характеристик апарата і його маси. Розрахунки проводилися у два етапи. На першому етапі на підставі наближеної методики, у якій використовувалися середні параметри, виконувався конструкторський розрахунок. На другому етапі в результаті чисельного розв'язку крайового завдання теплопереносу в апараті розраховувалися поля температур, тобто проводився його уточнений перевірочний розрахунок. У якості вихідних даних задавалися витратою повітря, температурою повітря на вході та виході з апарата, розмір і матеріал часток дисперсного матеріалу. Відповідно до двокомпонентної гомогенної моделі шару, газовий і твердий компоненти розглядаються як взаємодіючі квазігомогенні системи, що характеризуються ефективними коефіцієнтами переносу, що різняться в поздовжньому (X) і поперечному (Y) напрямках. Теплообмін між твердим і газовим компонентами, а також між повітрям і бічними поверхнями шару, ураховувався за допомогою відповідних коефіцієнтів тепловіддачі.

Опір переносу усередині елементів шару прийнятий зневажливо малим. Умови теплообміну на бічних границях шару вважалися однаковими. Оскільки передбачалося, що бічні стінки камери теплоізовані, рівняння енергії формулювалося в одномірному наближенні. Вважалося також, що в обох камерах порозність, швидкість газу і насадки, фізичні характеристики компонентів постійні.

Рівняння енергії для шару в камері охолодження має вигляд:

$$(c_m \rho_m (1 - \varepsilon) + c_2 \rho_2 \varepsilon)(1 - \beta_2) \frac{\partial t}{\partial \tau} = \lambda^* (1 - \beta_1) \frac{\partial^2 t}{\partial x_1^2} - c_m \rho_m (1 - \varepsilon) w_m' \frac{\partial t}{\partial x_1} - \alpha_1 F_{ct} (t - t_{cm}) \quad (1)$$

Крайові умови:

$$\tau = 0, t = t_{oo}; x_1 = 0, t = t'(\tau) \quad (2)$$

$$x_1 = L_1, \frac{\partial t}{\partial x_1} = 0$$

Тепломасоперенесення у контактному теплообміннику описується наступною системою рівнянь:

— енергії для газового компонента

$$c_2 \rho_2 \varepsilon \frac{\partial t_2}{\partial \tau} = \lambda_{zx}^* \frac{\partial^2 t_2}{\partial x_2^2} + \lambda_{zy}^* \frac{\partial^2 t_2}{\partial y^2} - c_2 \rho_2 w_2'' \frac{\partial t_2}{\partial y} - \alpha_M a (t_2 - t_m) \quad (3)$$

— енергії для твердого компонента

$$c_m \rho_m (1 - \varepsilon) \frac{\partial t_m}{\partial \tau} = \lambda_{mx}^* \frac{\partial^2 t_m}{\partial x_2^2} + \lambda_{my}^* \frac{\partial^2 t_m}{\partial y^2} - c_m \rho_m (1 - \varepsilon) w_m'' \frac{\partial t_m}{\partial x} - \alpha_M a (t_2 - t_m) + \beta_M a (r_k + r_{kp}) (Ed - f(t_m)) \quad (4)$$

Крайові умови:

ВПЛИВ САМОСТІЙНИХ ЗАНЯТЬ ФІЗИЧНИМИ ВПРАВАМИ НА ЗМІЦНЕННЯ ЗДОРОВ'Я МОЛОДІ	
<b>Цапенко Л. М., Васильєв В. П.</b> .....	<b>302</b>
ВПЛИВ ФІЗИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ПОКАЗНИКИ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ СТУДЕНТІВ ПЕРШИХ КУРСІВ	
<b>Яготі Р. С., Лаговська Н. Г.</b> .....	<b>303</b>
ЗДОРОВИЙ СПОСІБ ЖИТТЯ ЯК ОБОВ'ЯЗКОВА УМОВА ПІДВИЩЕННЯ ДІЄЗДАТНОСТІ СТУДЕНТІВ ОНАХТ	
<b>Халайджі С. В., Болтоматіс Д. В.</b> .....	<b>304</b>
САМООЦІНКА СТАНУ ЗДОРОВ'Я СТУДЕНТІВ	
<b>Сергєєва Т. П., Волкова Т. В.</b> .....	<b>306</b>
СПОРТИВНИЙ ТУРИЗМ ЯК ДІЄВИЙ ЗАСІБ ПОКРАЩЕННЯ СТАНУ ЗДОРОВ'Я СТУДЕНТІВ ОНАХТ	
<b>Болтоматіс Д. В., Гончарук В. В.</b> .....	<b>308</b>
ФІЗИЧНА РЕАБІЛІТАЦІЯ ТА АДАПТИВНЕ ФІЗИЧНЕ ВИХОВАННЯ МОЛОДІ	
<b>Павлюк О. В., Захлевська Т. В.</b> .....	<b>309</b>

#### **СЕКЦІЯ**

#### **ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКА ТА ТРУБОПРОВІДНИЙ ТРАНСПОРТ ЕНЕРГОНОСІЇВ**

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОФІЛЮ ШВИДКОСТІ ПРИ ЛАМІНАРНОМУ РУСІ ФЛЮІДІВ В ОКОЛИЦІ КРИТИЧНОЇ ТОЧКИ	
<b>Бошкова І. Л., Лук'янова О. С.</b> .....	<b>310</b>
МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ НАГРІВАННЯ ДІЕЛЕКТРИЧНОГО МАТЕРІАЛУ В МІКРОХВИЛЬОВОМУ ПОЛІ	
<b>Бошкова І. Л., Волгушева Н. В.</b> .....	<b>312</b>
СУШІННЯ ЗЕРНОВИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ ЦИКЛІЧНОМУ МІКРОХВИЛЬОВОМУ ПІДВЕДЕННІ ЕНЕРГІЇ	
<b>Волгушева Н. В., Бошкова І. Л.</b> .....	<b>313</b>
ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ГРАНУЛЬОВАНИХ НАСАДОК ТЕПЛООБМІННИКА-УТИЛІЗАТОРА	
<b>Солодка А. В.</b> .....	<b>315</b>
ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЕКСТРАГУВАННЯ ЗА УМОВ ДІЇ МІКРОХВИЛЬОВОГО ПОЛЯ	
<b>Георгієш К. В.</b> .....	<b>317</b>
ТЕПЛООБМІН І ДИСИПАЦІЯ ЕНЕРГІЇ ПОТОКУ В НАГНІТАЛЬНИХ СВЕРДЛОВИНАХ ЦИРКУЛЯЦІЙНИХ СИСТЕМ	
<b>Кологривов М. М., Пригула В. В., Андерсон А. Ю.</b> .....	<b>319</b>
АНАЛІТИЧНА МОДЕЛЬ ТЕПЛООБМІНУ В РЕГЕНЕРАТОРІ З ДИСПЕРСНОЮ НАСАДКОЮ	
<b>Потапов М. Д.</b> .....	<b>321</b>
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ СИПКОГО БІОПАЛИВА	
<b>Волчок В. О.</b> .....	<b>322</b>
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТИСКУ КИПІННЯ МАСЛО-ХЛАДОНОВОГО РОЗЧИНУ ISO 15 И R 410A	
<b>Лапардін М. І., Геллер В. З.</b> .....	<b>323</b>
УСТАНОВКИ ДЛЯ СУШІННЯ ЩІЛЬНОГО ШАРУ ДИСПЕРСНИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ РІЗНИХ СПОСОБАХ ПІДВЕДЕННЯ ТЕПЛОТИ	
<b>Дементьєва Т. Ю.</b> .....	<b>325</b>
РОЗРОБКА НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНИХ ВОДООХОЛДЖУВАЧІВ ВИПАРНОГО ТИПУ І АНАЛІЗ ЇХ ПРИНЦИПОВИХ МОЖЛИВОСТЕЙ	
<b>Дорошенко А. В., Дем'яненко Ю. І.</b> .....	<b>326</b>

Наукове видання

**Збірник тез доповідей  
76 наукової конференції  
викладачів академії**

Головний редактор акад. Б. В. Єгоров  
Заст. головного редактора акад. Л. В. Капрельянц  
Відповідальний редактор акад. Г. М. Станкевич  
Укладач Л. В. Агунова