

теплоаеродинамічними параметрами для впровадження може бути рекомендований повітряний конденсатор з гвинтоподібних труб № 1 ( $t=12$  мм,  $h=5$  мм,  $j=71,50$ ).

### Висновки

Експериментальні дослідження з теплообміну і аеродинамічного опору всередині гвинтоподібних труб з різними геометричними характеристиками показали, що використання їх є достатньо ефективним методом інтенсифікації теплообміну.

Використання гвинтоподібних труб №1 в теплообмінному апараті при заданому температурно-

му рівні зменшують його масу і габарити, більш ніж у 2 рази, забезпечуючи тим самим його компактність, в порівнянні з таким же апаратом, виготовленим з гладких труб.

В перспективі подальших досліджень гвинтоподібних труб з рівнорозвиненою поверхнею передбачається провести числовий розрахунок процесів теплообміну та гідродинаміки всередині труб, зіставлення числових даних з експериментальними, з'ясувати вплив основних геометричних параметрів гвинтоподібних труб на теплообмін та аеродинамічний опір, розкрити механізм інтенсифікації теплообміну.

### Література

1. Маковой В.О. Профілювання гвинтоподібних труб обкочуванням/ В.О. Маковой, Ю.П. Бородій, А.В. Кліско, П.Ю. Проценко // Вісник Київського політехнічного інституту. – Машинобудування. – 2010. - №60. – с.50-60.
2. Михеев М.А. Основы теплопередачи / М.А. Михеев, И.М. Михеева - Изд. 2-е, стереотип. М: Энергия, 1977, - 344 с: ил.
3. Идельчик И. Е. Гидравлическое сопротивление при входе потока в каналы и протекании через отверстия/ И.Е. Идельчик// Промышленная аэродинамика. – БНТ НКАП. – 1944. - №2. – С. 27-57.
4. Багрий П.И. Сравнение тепловой эффективности шахматных пучков поперечно-оребрённых труб различного профиля / П.И. Багрий, А.М. Терех, В.А. Рогачев// Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2007. – № 6/5(30). – С. 51-55.

УДК 621.182.2.001.57

## АНАЛІЗ ТЕПЛОМАСООБМІНУ В УМОВАХ ПІДТРИМКИ ФУНКЦІОНУВАННЯ КОМБІНОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

**Є.Є. Чайковська**

Кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, доцент\*  
Контактний тел.: (048)758-47-67  
E-mail: eechaikovskaya@list.ru

**Н.Ф. Іщук**

Аспірант  
\*Кафедра теоретичної, загальної та нетрадиційної енергетики  
Одеський національний політехнічний університет  
пр. Шевченка, 1, м. Одеса, Україна, 65044.  
Контактний тел.: (067) 990-76-55  
E -mail: natalkaf@bigmir.net

*Проведено аналіз  
тепломасообмінних процесів  
щодо порівняння прийняття  
рішень*

*Ключові слова:  
тепломасообмін, комбіноване  
теплопостачання, прийняття  
рішень*

*Проведен анализ тепломасо-  
обменных процессов для сравне-  
ния принятия решений*

*Ключевые слова: тепломассо-  
обмен, комбинированное тепло-  
снабжение, принятие решений*

*The analysis of the heat and  
mass transfer for comparison  
decision -making level is presented*

*Key words: heat and mass  
transfer, combined heating,  
decision-making level*

### Вступ

Розроблена технологія комбінованого теплопостачання на основі оцінки зміну теплової ємності бака-акумулятора, що акумулює, без вимірювання температури води, що нагрівається. Представлена техніко-економічна оцінка розробленої технології [1].

### 2. Постановка задачі

Представлена технологія комбінованого теплопостачання, що базується на технологічній системі, основою якої є динамічна підсистема – бак-акумулятор потребує підтверджувального аналізу тепломасообмінних процесів щодо порівняльної оцінки прийняття рішень: зміни витрати теплоносія, що гріє та зміни ємності бака-акумулятора в умовах підтримки функціонування комбінованого теплопостачання.

### 3. Рішення задачі

Запропоновано визначити умови тепломасообміну щодо прийняття рішень для двох варіантів конструктивно-режимної реалізації бака-акумулятора: з використанням явища стратифікації води щодо зміни ємності води, що акумулює, та при не урахуванні цього явища щодо зміни витрати теплоносія, що гріє. Використано бак-акумулятор ємністю 16000 кг із вбудованим теплообмінником площею 3,22м<sup>2</sup> для підводу теплоносія, що гріє як від геліоколектора площею 200м<sup>2</sup>.

Використовуючи явище стратифікації води запропоновано об'єм бака-акумулятора поділити на 4 секції. Встановлено наступні температурні рівні стратифікації води: верхній – 55...45 °С, середній – 45...35 °С та низький – 35...25 °С при температурних рівнях температури теплоносія, що гріє - 70...60,3°С, 60,3...50,5°С, 50,5...40,8°С, відповідно. Витрата теплоносія, що гріє та води, що нагрівається складає 0,19 кг/с та 0,185 кг/с відповідно.

Встановленотри температурні рівні функціонування бака-акумулятора без урахування явища стратифікації води згідно зміни температури теплоносія, що гріє: верхній - 70°С-33 °С, середній - 65°С-39 °С та низький - 60 °С -41 °С для підігріву місцевої води від 17 °С до 55 °С. Визначено витрату теплоносія, що гріє, для верхнього, середнього та низького рівнів функціонування, яка складає 0, 19 кг/с, 0, 27 кг/с та 0, 28 кг/с відповідно, що для середнього та низького рівнів функціонування на 30% більше у порівнянні з витратою теплоносія, що гріє при урахуванні явища стратифікації води. Оцінено також зменшення витрати води, що нагрівається при низькому рівні функціонування до 20% : з 0,185 кг/с до 0, 142 кг/с.

При не використанні явища стратифікації води в баку-акумуляторі середній коефіцієнт тепловіддачі від стінки змійовика до теплоносія, що нагрівається  $\alpha_2$  дорівнює 700 Вт/(м<sup>2</sup>К) та середній коефіцієнт теплопередачі  $k$  дорівнює 600 Вт/(м<sup>2</sup>К). Середній же коефіцієнт тепловіддачі від теплоносія, що гріє до стінки теплообмінника  $\alpha_1$  становить 9000 Вт/(м<sup>2</sup>К) у зв'язку із використанням для середнього та низького

рівнів функціонування завищеної на 30 % витрати теплоносія, що гріє (табл.1, рис. 1-3).

Таблиця 1

Аналіз тепломасообміну щодо прийняття рішень

Секції	Параметр		
	$\alpha_1$ , Вт/(м <sup>2</sup> К)	$\alpha_2$ , Вт/(м <sup>2</sup> К)	$k$ , Вт/(м <sup>2</sup> К)
1	7715,067	902,55	673,69
2	7367,54	801,25	613,29
3	6950,51	731,45	568,90
4	6394,47	639,99	508,73
Режими			
Високий	7228,53	744,84	578,81
Середній	9206,72	742,82	587,68
Низький	10047,23	713,67	572,24
Режим при відключенні 1-ї секції			
2	6561,28	826,21	621,30
3	6394,47	728,25	562,97
4	5894,03	656,05	515,28
Режим при відключенні 1-ї та 2-ї секцій			
3	6394,47	570,80	464,02
4	6152,59	702,18	545,43

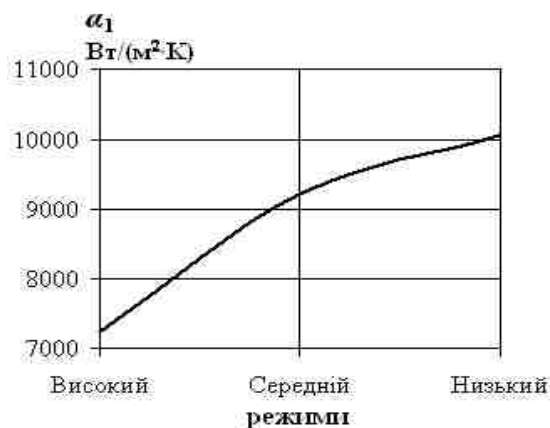


Рис.1. Зміна коефіцієнта тепловіддачі від теплоносія, що гріє до стінки змійовика при зміні витрати теплоносія, що гріє

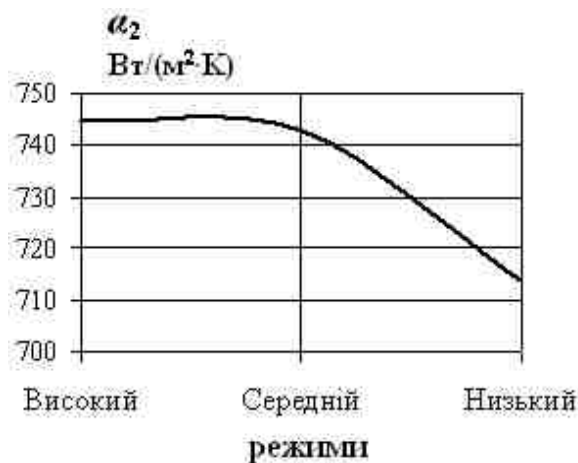


Рис.2. Зміна коефіцієнта тепловіддачі від стінки змійовика до води, що нагрівається при зміні витрати теплоносія, що гріє

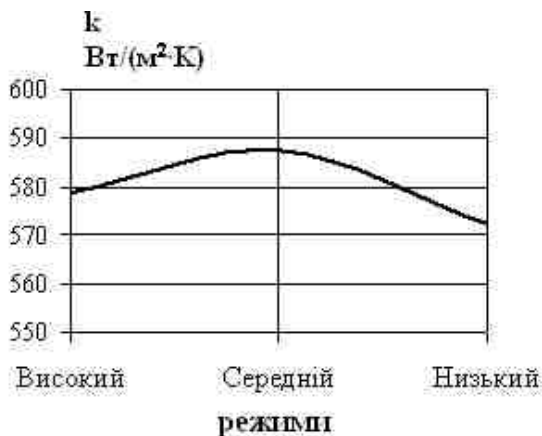


Рис. 3. Зміна коефіцієнта теплопередачі при зміні витрати теплоносія, що гріє

При використанні явища стратифікації води в баку-акумуляторі визначено наступне. При зменшенні температури теплоносія, що гріє від геліоколектора, наприклад, через зменшення інтенсивності сонячної радіації або через збільшення споживання, різниця між температурою стінки теплообмінника та середньою температурою води, що нагрівається у верхньому рівні стратифікації в баку-акумуляторі зменшується, (температура води, що нагрівається у верхньому рівні складає 45-55°С), що може привести до зворотного напряму процесу теплопередачі. В цих умовах запропоновано вивести із роботи верхній рівень стратифікації води, нагрітої до температури 45-55°С, відключивши верхню секцію і направити теплоносій від геліоколектора на середній рівень стратифікації води в баку-акумуляторі, де температура води складає 35-45°С. Встановлено, що такий підхід за рахунок зменшення ємності води, що акумулює, наприклад, на 25% дозволяє зберегти рівень підігріву води в баку-акумуляторі 45-55°С. При подальшому зниженні температури теплоносія, що гріє, можливо відключення другої секції теплообмінника щодо збереження верхнього рівня підігріву 45-55°С за рахунок зменшення ємності, що акумулює, наприклад, на 65%. При збільшенні температури теплоносія, що гріє від геліоколектора, передбачено послідовне включення секцій теплообмінника щодо послідовного збільшення ємності води, що акумулює в баку - акумуляторі (табл.1, рис. 4-6) при збереженні рівня підігріву 45-55°С. Такий підхід дозволяє встановити середній рівень теплообміну щодо коефіцієнта тепловіддачі від стінки теплообмінника до води, що нагрівається  $\alpha_2$  та коефіцієнта теплопередачі k, який співпадає із середнім рівнем таких коефіцієнтів при використанні зміни витрати теплоносія, що гріє (табл.1, рис. 4-6). Але середній рівень зміни коефіцієнта тепловіддачі від теплоносія, що гріє до стінки змійовика  $\alpha_1$  складає 6500 Вт/(м²К) що приблизно на 30% менше у порівнянні із таким же середнім коефіцієнтом при не урахуванні явища стратифікації води (табл.1).

Виходячи із розподілу температур теплоносія, що гріє на вході та виході із бака-акумулятора для забезпечення встановленого рівня підігріву води можливо провести додатковий аналіз умов теплообміну для обраних варіантів реалізації бака-акумулятора. Так, високий рівень функціонування при не урахуванні

явища стратифікації води, наприклад, можливо порівняти з умовами теплообміну при використанні чотирьох секцій щодо четвертої секції, середній при трьох секціях щодо третьої секції, низький щодо використання двох секцій.

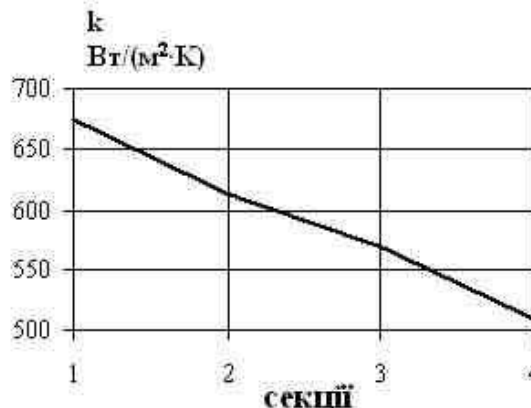


Рис.4. Зміна коефіцієнтів теплопередачі в баку-акумуляторі при максимальній ємності води, що акумулює

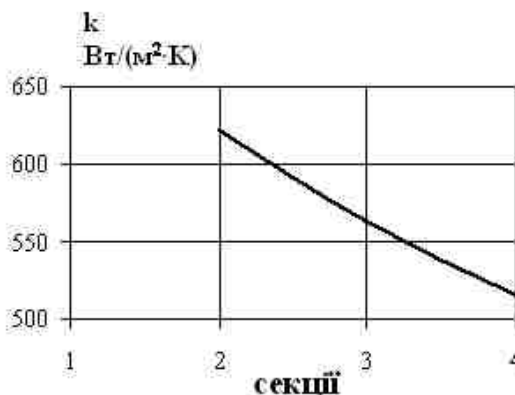


Рис.5. Зміна коефіцієнтів теплопередачі в баку-акумуляторі при 75% ємності води, що акумулює

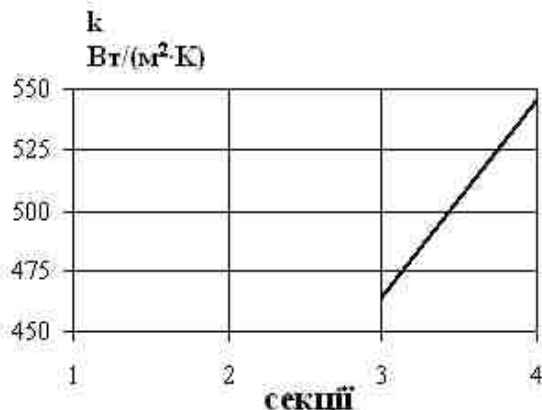


Рис.6. Зміна коефіцієнтів теплопередачі в баку-акумуляторі при 35% ємності води, що акумулює

Інтегрована зміна ємності води, що акумулює дозволяє збільшити коефіцієнт тепловіддачі від стінки змійовика до води, що нагрівається та коефіцієнт

теплопередачі до 25% при включених чотирьох секціях, до 10% при включених трьох секціях та при включених двох секціях підтвердити встановлений рівень теплообміну щодо низького рівня функціонування при не використанні явища стратифікації води. Підтверджено також зменшення коефіцієнтів тепловіддачі від теплоносія, що гріє до стінки змійовика при використанні явища стратифікації води в середньому на 30% (табл.1, рис.7-2.15).

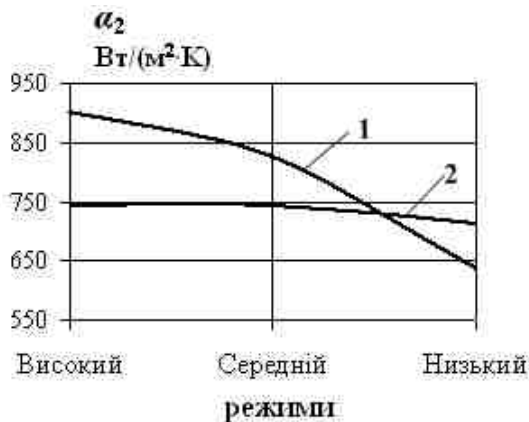


Рис.7. Порівняльний аналіз коефіцієнтів тепловіддачі від стінки змійовика до води, що нагрівається; 1 - при зміні ємності води, що акумулює; 2- при зміні витрати теплоносія, що гріє

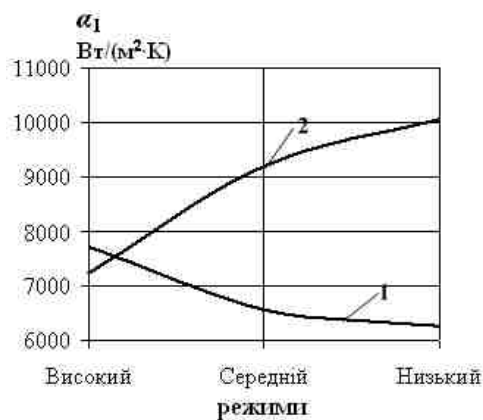


Рис.8. Порівняльний аналіз коефіцієнтів тепловіддачі від теплоносія, що гріє до стінки змійовика; 1 - при зміні ємності води, що акумулює; 2- при зміні витрати теплоносія, що гріє

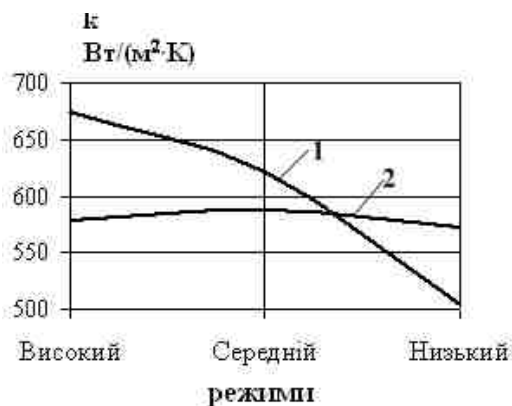


Рис.9. Порівняльний аналіз коефіцієнтів теплопередачі 1 - при зміні ємності води, що акумулює; 2- при зміні витрати теплоносія, що гріє

#### 4. Висновки

Порівняльний аналіз тепломасообміну в умовах прийняття рішень підтвердив перевагу зміни теплової ємності бака-акумулятора, що акумулює, але оцінка цієї ємності та прийняття рішень можливі на основі запропонованої технологічної системи, основою якої є бак-акумулятор як динамічна підсистема [1].

#### Література

1. Чайковська, Є.Є. Техніко-економічна оцінка енергозберігаючої технології комбінованого теплопостачання [Текст] / Є.Є. Чайковська, Н.Ф. Іщук // Восточно-Европейський журнал передових технологій. – 2011.- №4/8(52).-С.45-47.