

УДК 697.34(0.75):621.1.016.7

Аналіз та розрахунки ексергетичного коефіцієнта корисної дії швидкісних водо-водяних теплообмінників для гарячого водопостачання

О. М. Голишев¹, В. І. Деньгуб², В. А. Коновалюк³

¹д.т.н., проф. Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг, Україна, amgolyshevtvv@gmail.com

²к.т.н., доц. Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг, Україна, vitdengub@gmail.com

³к.т.н., доц. Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна, viktoria.konovalyuk@gmail.com

Анотація. Розроблена методика розрахунку ексергетичного коефіцієнта корисної дії (ЕККД) як для окремих елементів теплообмінних апаратів, так і для всієї конструкції. На основі відомих теплотехнічних даних виконані розрахунки ЕККД одноступеневих і двоступеневих теплообмінників. Встановлено, що ЕККД одноступеневих теплообмінників коливається в межах 0,74...0,77, а двоступеневих – 0,84...0,86 і практично не залежать від конструкції та способу приєднання до трубопроводів теплової мережі. Втрата ексергії у швидкісних теплообмінниках з фізичної точки зору пояснюється зміною температури (питомою теплоємністю) при теплообміні і відведенні нагрівальних потоків за межі системи гарячого водопостачання. Підвищення значення ЕККД можливо за рахунок збільшення кількості секцій теплообміну, але з практичної точки зору воно недоцільне і більш глибоке охолодження нагрівального теплоносія може викликати порушення температурного режиму систем опалення. Перехід до групових і індивідуальних систем теплопостачання обмежує застосування швидкісних теплообмінників для гарячого водопостачання. Їхнє використання доцільне в теплових мережах з потужними джерелами теплоти, наприклад від ТЕЦ або промислово-опалювальної котельні. Для ефективного використання теплової енергії в процесі підготовки гарячого водопостачання бажано використовувати теплообмінники-змішувачі теплових потоків.

Ключові слова: ексергетичний коефіцієнт корисної дії, теплообмінні апарати, теплообмінники-змішувачі.

Вступ. Внаслідок впливу економічних, технічних і соціальних факторів у більшості міст України виникли суттєві проблеми із забезпеченням споживачів якісним теплопостачанням і централізованим гарячим водопостачанням. Перспективними напрямками виходу із складної ситуації можуть бути як відмова від теплових мереж багатокілометрової протяжності, наближення джерела теплоти до споживача шляхом децентралізації теплових котельень, введення в експлуатацію групових або будинкових котельень, так і комплексна термомодернізація існуючих систем централізованого теплопостачання.

Актуальність дослідження. Для великих міст через істотну концентрацію населення система централізованого теплопостачання і гарячого водопостачання залишається найбільш розповсюдженою. Тому проблема ефективної роботи як в цілому системи теплопостачання, так і окремих елементів системи централізованого водопостачання в умовах істотного дорожчання енергоносіїв є особливо актуальною.

У зв'язку з цим виникає необхідність проведення аналізу доцільності використання існуючих швидкісних теплообмінників для підготовки гарячої води для потреб населення. Коефіцієнт корисної дії всіх типів водо-водя-

них та водо-парових теплообмінників за балансом використанням підведеної та витраченої теплоти наближається до одиниці. При цьому не враховується частка теплоти, що відводиться з апаратів теплообміну. Це явище можливо дослідити за допомогою ексергетичного коефіцієнта корисної дії. Проведені дослідження дозволяють вибрати і рекомендувати найбільш економічні апарати теплообміну для гарячого водопостачання.

Останні дослідження та публікації. Теоретичні питання перетворення енергії під час здійснення процесів, пов'язаних з використанням теплоти, викладені в навчальній літературі з термодинаміки [1...3]. Основні рекомендації щодо проектування систем теплопостачання загальновідомі [4...7]. Досліджені енергетичні основи трансформації теплоти й процесів охолодження та розроблений ексергетичний метод термодинамічного аналізу роботи інженерних систем [8...10]. Розроблені методики розрахунків енергетичної та ексергетичної ефективності систем гарячого водопостачання і кондиціонування повітря [11...13]. У той же час при вивченні і проектуванні швидкісних теплообмінників основна увага приділена розрахункам теплообміну за відсутності їхньої ексергетичної оцінки [4, 7].

Формулювання цілей статті. Метою роботи є оцінка працездатності водо-водяних швидкісних теплообмінників у системах гарячого водопостачання з точки зору термодинаміки та оцінка їхньої ексергетичної ефективності (ККД).

Для досягнення мети досліджень необхідно вирішити наступні задачі:

1) створити методику розрахунку ексергетичного ККД (ЕККД) як для окремих елементів конструкції водо-водяних теплообмінників, так і для теплообмінної установки в цілому;

2) провести необхідні розрахунки ЕККД відомих швидкісних теплообмінників з використанням теплотехнічних характеристик;

3) провести аналіз результатів дослідження і сформулювати науково-практичні висновки.

Основна частина. Працездатність термодинамічних систем (ТДС), що використовуються в теплових машинах і теплообмінних апаратах, характеризується ексергетичним коефіцієнтом корисної дії (ЕККД) – η_e . Вся теплота, кВт, що надходить до ТДС, розподіляється наступним чином: одна із складових – ексергія e , кВт, виконує корисну роботу, друга складова – анергія a , кВт, без користі витрачається при теплообміні з навколишнім середовищем. Другий закон термодинаміки з використанням ЕККД має наступний вигляд:

$$\eta_e = \frac{e}{e+a}. \quad (1)$$

У теплообмінних апаратах ексергією e , кВт, є теплота, що надходить з більш гарячим теплоносієм $e = Q$, кВт та анергія a , кВт, що має місце в теплообміннику, розраховується згідно з теоремою Гюї-Стодоли [1, 2]:

$$a = qT_0 \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right), \text{ кВт}. \quad (2)$$

де q – теплова потужність, кВт; T_0 – температура навколишнього середовища, К; T_1 і T_2 – значення температур, при яких відбувається теплообмін ($T_1 > T_2$), К.

Викладення матеріалу та результати. Підготовка гарячої води в спеціалізованих теплових пунктах теплової мережі може здійснюватися у швидкісних теплообмінниках. За своєю конструкцією вони можуть бути розбірні чи нерозбірні, кожухотрубні або пластинчасті, одно- або двоступеневі за кількістю ступенів підігріву води [5, 6, 8]. Швидкісні теплообмін-

ники до трубопроводів водяної тепломережі приєднуються: 1) паралельно до системи опалення (одноступеневий теплообмінник); 2) паралельно-послідовно до системи опалення (двоступеневий теплообмінник); 3) послідовно до системи опалення (двоступеневий теплообмінник); 4) в неопалювальний період двоступеневі теплообмінники з системою обв'язки першого та другого ступеня підігріву переводяться на одноступеневий підігрів з безпосереднім приєднанням до трубопроводів теплової мережі.

При проектуванні й експлуатації швидкісних теплообмінників необхідно враховувати ряд теплових і техніко-економічних вимог. До теплових вимог відносять: 1) теплову потужність потоків гарячого теплоносія та потоку підготовленої гарячої води (вони мають однакові значення); 2) площі теплообміну між потоками теплоносіїв взаємопов'язані між собою і визначаються конструкцією теплообмінника; 3) площі теплообміну мають бути такими, щоб температура охолодженого теплоносія, що надходить у перший ступінь підігріву холодної водопровідної води або у зворотній трубопровод теплової мережі, не порушувала графік регулювання режиму роботи теплової мережі. До техніко-економічних вимог належать капітальні витрати (вартість конструкції теплообмінника залежно від типу та площі теплообміну), експлуатаційні витрати (вартість ремонтних робіт, втрати електроенергії на подолання опору руху потоків теплоносіїв тощо).

З дотриманням вищевказаних вимог нормативними актами розроблені й закріплені методики розрахунку та проектування швидкісних теплообмінників для підготовки гарячого водопостачання [4, 7]. На основі цих методик у навчальній літературі наведені приклади розрахунків різних типів теплообмінників [5, 6]. Вихідні та кінцеві дані цих розрахунків використано авторами даної статті для оцінки ЕККД теплообмінників.

Методика визначення ЕККД швидкісних теплообмінників підготовки гарячої води з водопровідної полягає в наступному. Кількість теплоти Q , яка підводиться з мережевою водою, дорівнює кількості теплоти, витраченої на підігрів водопровідної води. Тому вважається, що ексергія для теплообмінника $e = Q$, кВт. Але через неоднорідність температури потоків теплоносіїв і зміну коефіцієнтів тепловіддачі в ступенях теплообмінника присутня також анергія (a), кВт.

Анергія (a_{zi}) в ступенях теплообміну для потоків мережевої води розраховується за формулою:

$$a_{zi} = q_i T_{0i} \left(\frac{1}{T_{z2i}} - \frac{1}{T_{z1i}} \right), \quad (3)$$

де $i = 1, 2$ – ступені теплообміну; T_{z1i} – температура мережевої води, що входить в i -тий ступінь, К; T_{z2i} – температура мережевої води, що виходить з цього ж ступеня, К; q_i – теплова потужність i -того ступеня, кВт; T_{0i} – температура водопровідної води, що входить в i -тий ступінь підігріву, К.

Після розрахунку анергій (a_{z1}) і (a_{z2}) для першого і другого ступеня, їхні відповідні ЕККД (η_{ez1}) і (η_{ez2}) розраховуються за загальною формулою (1). Результатне значення (η_{ez}) для потоку мережевої води розраховується на основі залежності:

$$\eta_{ez} = \frac{Q}{Q + a_{z1} + a_{z2}}. \quad (4)$$

Оцінка значень анергій, кВт, (a_{x1}) і (a_{x2}) для теплообміну в першому та другому ступенях при підігріві водопровідної води здійснювалася за формулами, аналогічними (3) та (4). У цих формулах значення T_{z1} , T_{z2} замінювались на температури T_{x1} – виходу водопровідної води зі ступеня підігріву та на значення T_{x2} – входу водопровідної води зі ступеня. Для водопровідної води за значення T_{0i} приймалася температура виходу мережевої води зі ступеня.

Після розрахунку значень a_{x1} і a_{x2} результатне значення ЕККД η_x для потоку водопровідної води розраховувалося за формулою, аналогічною залежності (4). На основі раніше обчислених значень анергій a_z і a_x розраховувався ексергетичний ККД (ЕККД) всього теплообмінника:

$$\eta = \frac{Q}{Q + a_{z1} + a_{z2} + a_{x1} + a_{x2}}. \quad (5)$$

У табл. 1 наведені вихідні дані для швидкісних теплообмінників, що взяті із відомих літературних джерел [6, 7], а саме, одноступеневі та двоступеневі кожухотрубні і пластинчасті теплообмінники, що приєднані за паралельною, послідовною та двоступеневою схемою до системи опалення.

За результатами розрахунків, проведених за формулами (3) і (4) для різних ступенів теплообміну та різних за температурним потенціалом теплоносіїв (мережева та водопровідна вода), отримані значення анергій a_{zi} , a_{xi} , a_z , a_x і відповідні їм ЕККД (табл. 2).

Аналіз отриманих даних дозволяє виявити наступне. ЕККД двоступеневих теплообмінників вищий, ніж одноступеневих ($\eta_e \approx 0,85$ проти $\eta_e \approx 0,77$), бо в перших застосований попередній підігрів водопровідної води мережевим теплоносієм після системи опалення. Для двоступеневих теплообмінників значення ЕККД практично не залежить від схеми приєднання до системи опалення і від їхньої конструкції (кожухотрубні та пластинчасті). Що стосується ступенів теплообміну, то другі ступені мають більший ЕККД ніж перші, оскільки в них теплообмін відбувається при більших перепадах температури, ніж у перших ступенях.

У цілому, з інженерної точки зору, теплотехнічний ККД швидкісних теплообмінників наближається до одиниці, тому що вся теплота мережевої води дорівнює необхідній теплоті для підготовки гарячої води з водопровідної. Але з точки зору термодинаміки ексергетичний ККД на 16...23 % менший від ідеального значення 100 %. Такі значення пояснюються другим законом термодинаміки для необоротних процесів, де втрачається частина ексергії у вигляді анергії. Але анергія, що втрачена в теплообмінних апаратах, не вважається втраченою для теплової мережі, бо вона повертається ексергією до джерела теплоти і циркулює в закритих теплових мережах. У зв'язку з цим не має потреби змінювати рекомендований інженерними розрахунками параметри конструкцій швидкісних теплообмінників і доведення в них значень анергії до нуля.

Висновки. Ексергія потоку мережевої води дорівнює ексергії потоку водопровідної води, що використовується для підготовки гарячої води в швидкісних теплообмінниках. Ексергетичний ККД двоступеневих теплообмінників вищий ніж одноступеневих і практично не залежить від схеми приєднання двоступеневих теплообмінників до трубопроводів теплової мережі. Підвищення значення ЕККД можливо за рахунок збільшення площ теплообміну, що призведе до надлишкової габаритності конструкцій та їх дорожчання.

Таблиця 1

Вихідні дані температури мережевої T_z та водопровідної T_x води ступенів теплообмінників

№ з/п (умовна назва тепло- обмін- ника)	Потужність теплообмінника, кВт			Температура теплоносіїв в ступені 1, К				Температура теплоносіїв в ступені 2, К			
	загальна, Q	ступеня 1, q_1	ступеня 2, q_2	мережевої води		водопровідної води		мережевої води		водопровід- ної води	
				вхід T_{z1}	вихід T_{z2}	вхід T_{x2}	вихід T_{x1}	вхід T_{z1}	вихід T_{z2}	вхід T_{x2}	вихід T_{x1}
	1	300	–	300	–	–	–	–	343	303	278
2	192	–	192	–	–	–	–	343	298	278	333
3	400	230	170	315	296	278	310	343	310	310	333
4	300	132	168	326	297	278	310	343	326	310	333
5	4570	2770	1800	328	310	275	310	353	328	310	333
1	Температура навколишнього середовища, T_{0i} , К			–		–		278		303	
2				–		–		288		315	
3				278		296		310		315	
4				278		303		302		310	
5				275		290		310		328	

Примітка. Під умовною назвою 1 та 2 наведені одноступеневі кожухотрубні теплообмінники, що приєднані до системи опалення за паралельною схемою. У пунктах 3...5 – теплообмінники двоступеневі, кожухотрубні, за винятком теплообмінника 5, який має пластинчасті елементи в системі теплообміну. Теплообмінники 3 та 5 до трубопроводів теплової мережі приєднані за паралельно-последовною схемою, а теплообмінник 4 – за последовною схемою відносно системи опалення

Таблиця 2

Розрахункові значення ексергій, анергій та ексергетичних ККД швидкісних теплообмінників

№ з/п (умовна назва тепло- обмін- ника)	Ексергія теплового потоків, кВт			Ступінь 1 теплообміну				Ступінь 1 теплообміну				Ексергетичний ККД		
	загальна, $e = Q$	сту- пеня 1, $e_1 =$ $=q_1$	сту- пеня 2, $e_2 =$ $=q_2$	мережевої води		водопровід- ної води		мережевої води		водопровід- ної води		сту- пеня 1, η_1	сту- пеня 2, η_2	те- пло- об- мін- ника 4
				ане- ргія a_{z1} , кВт	ЕККД η_{z1}	ане- ргія a_{x1} , кВт	ЕККД η_{x1}	ане- ргія a_{z2} , кВт	ЕККД η_{z2}	ане- ргія a_{x2} , кВт	ЕККД η_{x2}			
1	300	–	300	–	–	–	–	33	0,90	54	0,85	–	0,77	0,77
2	192	–	192	–	–	–	–	39	0,88	45	0,87	–	0,78	0,78
3	400	230	170	13,8	0,94	25,3	0,90	13,8	0,94	11,9	0,94	0,85	0,87	0,86
4	300	132	168	10,6	0,96	20,0	0,90	8,5	0,94	11,8	0,93	0,81	0,89	0,85
5	4570	2770	1800	304,7	0,90	332	0,89	12,6	0,91	126	0,93	0,81	0,88	0,84

Примітка. Умовні назви теплообмінників див. табл. 1

Використання швидкісних теплообмінників для забезпечення централізованого гарячого водопостачання доцільно в теплових мережах з надлишковим виготовленням теплоти від ТЕЦ та з промислово-опалювальними котельними. Для ефективного використання теплової енергії в процесі підготовки гарячого водопостачання бажано використовувати теплообмінники-змішувачі теплових потоків, в яких анергія складових потоків трансформується в ексергію

потоків гарячої води, а для індивідуальних квартир – електричні водонагрівачі.

Перспективи подальших досліджень. Використання методу досліджень явищ теплообміну за допомогою ексергетичного ККД дозволять окрім інженерної оцінки ефективності теплообміну більш глибоко вивчити зазначені процеси і використати результати досліджень в інженерній практиці.

Література

1. Техническая термодинамика / Под. ред. В. И. Крутова. – Москва: Машиностроение, 1991. – 384 с.
2. Буляндра О. Ф. Технічна термодинаміка: підручник / О. Ф. Буляндра. – Київ: Техніка, 2006. – 320 с.
3. Чепурний М.М. Основи технічної термодинаміки: підруч. для вузів / М. М. Чепурний, С. Й. Ткаченко. – Вінниця: Поділля - 2000, 2004. – 351 с.
4. Справочник проектировщика. Проектирование тепловых сетей / Под. ред А. А. Николаева. – Москва: Стройиздат, 1965. – 360 с.
5. Єнін П. М. Теплопостачання (частина I «Теплові мережі і споруди») / П. М. Єнін, Н. А. Швачко. – Київ: Кондор, 2007. – 241 с.
6. Козин В.Е. Теплоснабжение: Учебное пособие для студентов вузов / В. Е. Козин, Т. А. Левина, А. П. Марков, И. Б. Пронина, В. А. Слемзин. – Москва: Высшая школа, 1980. – 408 с.
7. Олександрюк А. А. Расчет и проектирование индивидуальных тепловых пунктов / А.А. Олександрюк. – Макеевка: ДГАСА, 1999. – 103 с.
8. Бродянский В. М. Эксергетический метод термодинамического анализа / В.М. Бродянский. – Москва: Энергия, 1973. – 296 с.
9. Эксергетические расчеты технических систем: справ. пособие / В. М. Бродянский, Г. П. Верхивкер, Я. Я. Карчев и др.; под ред. А. А. Долинского, В. М. Бродянского; Ин-т технической теплофизики АН УССР. – Київ: Наук. думка, 1991. – 360 с.
10. Соколов Е. Я. Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения: учеб. пособие для вузов.- 2-е изд., перераб. / Е. Я. Соколов, В. М. Бродянский. – Москва: Энергоиздат, 1981. – 320 с.
11. Малкін Е. С., Журавська Н. Є. Розрахунки енергетичної та ексергетичної ефективності систем гарячого водопостачання об'єктів житловокомунального сектора / Е. С. Малкін, Н. Є. Журавська // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання : наук.-техн. зб. / Київський національний університет будівництва і архітектури. – 2016. – Вип. 20. – с. 3-13.
12. Лабай В. Й. Залежність ексергетичного ККД кондиціонера від зміни температур тепло- та холодоносіїв / В.Й. Лабай // Нова тема. – 2008. – № 2. – с. 27–28.
13. Задоянний О. В. Ексергетичні критерії при оцінці енергоощадності систем кондиціонування повітря будівель і споруд / О. В. Задоянний // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання : наук.-техн. зб. / Київський національний університет будівництва і архітектури. – 2014. – Вип. 17. – с. 3-9.

References

1. *Tekhnicheskaja termodinamika*. Pod. red. V. Krutova, Mashinostroenie, 1991.
2. Buliandra O. F. *Tekhnichna termodinamika*. Tekhnika, 2006.
3. Chepurnyi M. M., Tkachenko S. Y. *Osnovy tekhnichnoi termodinamiki*. Podillia - 2000, 2004.
4. *Spravochnik proektirovshchika. Proektirovanie teplovykh setei*. Pod. red A. A. Nikolaeva. Stroiizdat, 1965.
5. Yenin P. M., Shvachko N. A. *Teplopostachannia (chastyna I «Teplovi merezhi i sporudy»)*. Kondor, 2007.
6. Kozin V. E., Levina T. A., Markov A. P., Pronina Y. B., Slemzin V. A. *Teplosnabzhenie*. Vysshiaia shkola, 1980.
7. Oleksandriuk A. A. *Raschet y proektirovanie indyvidualnykh teplovikh punktov*. DHASA, 1999.
8. Brodianskii V. M. *Eksergeticheskii metod termodinamicheskogo analiza*. Energiia. 1973.
9. V. M. Brodianskii, G. P. Verhivker, Ia. Ia. Karchev i dr. *Eksergeticheskie raschety tekhnicheskikh sistem*. Nauk. dumka, 1991.
10. Sokolov E. Ia. *Energeticheskie osnovy transformatsii tepla i protsessov okhlazhdeniia*. Energoizdat, 1981.
11. Malkin E. S., Zhuravska N. Ye. “Rozrakhunky enerhetychnoi ta ekserhetychnoi efektyvnosti system hariachoho vodopostachannia obiektiv zhytlvokomunalnoho sektora.” *Ventyliatsiia, osviltennia ta teplohapostachannia: Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk*, Iss. 20, Kyivskiy natsionalnyi universytet budivnytstva i arkhitektury, 2016. pp. 3-13.
12. Labai V. Y. “Zalezhnist ekserhetychnoho KKD kondytsionera vid zminy temperatur teplo- ta kholodonosiiiv.” *Nova tema*. no. 2, 2008, pp. 27–28.
13. Zadoianni O. V. “Ekserhetychni kryterii pry otsintsi enerhooshchadnosti system kondytsionuvannia povitria bu-divel i sporud.” *Ventyliatsiia, osviltennia ta teplohapostachannia: Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk*, Iss. 17, Kyivskiy natsionalnyi universytet budivnytstva i arkhitektury, 2014. pp. 3-9.

УДК 697.34(0.75):621.1.016.7

Анализ и расчеты эксергетического КПД скоростных водо-водяных теплообменников для горячего водоснабжения

А. М. Голышев¹, В. И. Деньгуб², В. А. Коновалюк³

¹д.т.н., проф. Криворожский технический университет, г. Кривой Рог, Украина, amgolyshevtvv@gmail.com

²к.т.н., доц. Криворожский технический университет, г. Кривой Рог, Украина, vitdengub@gmail.com

³к.т.н., доц., Киевский национальный университет строительства и архитектуры, viktorija.konovalyuk@gmail.com

Аннотация. Разработана методика расчёта эксергетического коэффициента полезного действия (ЭКПД), как для отдельных элементов теплообменных аппаратов, так и для всей конструкции. На основе известных теплотехнических данных выполнены расчёты ЭКПД одноступенчатых и двухступенчатых теплообменников. Установлено, что ЭКПД одноступенчатых теплообменников колеблется в пределах 0,74...0,77, а двухступенчатых — 0,84...0,86 и практически не зависит от конструкции и способа подключения к трубопроводам тепловой сети. Потеря эксергии в скоростных теплообменниках с физической точки зрения объясняется изменением температур (удельной теплоемкостью) при теплообмене и отведении нагревательных потоков за пределы системы горячего водоснабжения. Повышение значения ЭКПД возможно за счёт увеличения количества секций теплообмена, но с практической точки зрения это нецелесообразно и более глубокое охлаждение нагревательного теплоносителя может вызывать нарушение температурного режима систем отопления. Переход к групповым и индивидуальным системам теплообменников ограничивает применение скоростных теплообменников для горячего водоснабжения. Их использование целесообразно в тепловых сетях с мощными источниками теплоты, например от ТЭЦ или промышленно-отопительной котельной. Для эффективного использования тепловой энергии в процессе подготовки горячего водоснабжения рекомендуется использовать теплообменники-смесители тепловых потоков.

Ключевые слова: эксергетический КПД, теплообменные аппараты, теплообменники-смесители

UDC 697.34(0.75):621.1.016.7

Analysis And Calculations Of Exergy Efficiency Of Speed Water-Water Heat Exchangers For Heat-Water Supply

O. Holyshev¹, V. Denhub², V. Konovalyuk³

¹Sc.D, professor. Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, Ukraine, amgolyshevtvv@gmail.com

²PhD, associate professor. Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, Ukraine, vitdengub@gmail.com

³PhD, associate professor. National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine. viktorija.konovalyuk@gmail.com

Abstract. Exergy efficiency is the most precise and correct characteristic of effectiveness of thermodynamic systems. A procedure for calculating the exergy efficiency (EE) for both individual elements of heat exchangers and for the whole structure has been developed. On the basis of known thermal engineering data, single-stage and two-stage heat exchangers are calculated. It is established that the exergy efficiency of single-stage heat exchangers changes within the limits of 0.74...0.77, and the two-stage ones — 0.84 ...0.86 and practically do not depend on the design and method of connection to the pipelines of the heating network. The loss of exergy in high-speed heat exchangers from the physical point of view can be explained by the change in temperature (specific heat capacity) during heat exchange and removal of heating flows outside the hot water supply system. An increase in the exergy efficiency value is possible due to an increase in the number of heat exchange sections, but from a practical point of view it is not practical and a deeper cooling of the heat-carrier can cause a violation of the temperature mode of the heating systems. The transition to group and individual heat supply systems limits the use of high-speed heat exchangers for hot water supply and their use is advisable in heat networks with powerful sources of heat generation, for example from a combined heat and power plant or an industrial heating boiler house. For the effective use of thermal energy in the preparation of hot water supply it is desirable to use heat exchangers-mixers of heat flows, which transforms energy of flows to the exergy of hot water. For the individual hot water supply, the electrical boilers are more efficient. Using the exergy method for heat and mass exchange systems by exergy efficiency makes possible not only the engineering estimation of effectiveness of heat exchange but more detailed research of the processes.

Keywords: exergy efficiency, heat exchangers, heat exchangers-mixers.

Надійшла до редакції / Received 15.06.2018