

УДК 665.63

М.В. Максимов, д-р техн. наук, проф.,
В.І. Кривда, магістр,
Одес. нац. політехн. ун-т

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ПІНЧ-АНАЛІЗУ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕПЛООБМІННОГО УСТАТКУВАННЯ УСТАНОВКИ АТМОСФЕРНО-ВАКУУМНОЇ ТРУБЧАТКИ

М.В. Максимов, В.І. Кривда. Застосування методу пінч-аналізу для оптимізації теплообмінного устаткування установки атмосферно-вакуумної трубчатки. Розглянуто енергетичні потоки під час експлуатації ЕЛОУ-АВТ. Визначено вплив мінімального температурного напору на приведені витрати. Запропоновано оптимальну енерготехнологічну схему теплообмінного обладнання установки.

Ключові слова: температурний напір, пінч-аналіз, рекуперативний теплообмінник.

М.В. Максимов, В.І. Кривда. Применение метода пинч-анализа для оптимизации теплообменного оборудования установки атмосферно-вакуумной трубчатки. Рассмотрены энергетические потоки при эксплуатации ЭЛОУ-АВТ. Определено влияние минимального температурного напора на приведенные затраты. Предложена оптимальная энерготехнологическая схема теплообменного оборудования установки.

Ключевые слова: температурный напор, пинч-анализ, рекуперативный теплообменник.

M.V. Maksimov, V.I. Kryvda. Application of the pinch-analysis method for optimization of heat exchange equipment of a Vacuum Distillation Unit. Flows of energy in REDA-VDU operation are considered. Influence of a minimum temperature pressure on the resulted expenses is defined. The optimal power technological circuit of the unit's heat exchange equipment is offered.

Keywords: temperature pressure, pinch-analysis, recuperative heat exchanger.

Одним з головних завдань будь-якого виробника є ефективно використання первинних енергоресурсів.

Існують світові тенденції мінімізації температурного напору і збільшення поверхонь теплообміну з метою економії первинних енергоресурсів у зв'язку зі зменшенням загальної безповоротності в процесі теплообміну. Окрім безповоротності величина мінімального температурного напору в першу чергу залежить від існуючих цін і співвідношення між вартістю теплообмінного устаткування і вартістю первинних енергоресурсів.

Установка електрознесолювання (ЕЛОУ) — атмосферно-вакуумна трубчатка (АВТ) — сконструйована і виготовлена більше 50 років тому з подальшими неодноразовими реконструкціями, коли були інші вартості первинних енергоресурсів і теплообмінного енерготехнологічного устаткування, що висувало свої вимоги до температурного напору між холодними і гарячими потоками в ній. Принцип дії, призначення та спрощена енерготехнологічна схема установки відомі [1].

Є необхідність виконати розрахунки, які допоможуть побудувати оптимальну схему теплообмінної мережі ЕЛОУ-АВТ, яка б враховувала нові кон'юнктурні ціни на нове теплообмінне устаткування і первинні енергоресурси з можливістю використання існуючих рекуперативних теплообмінних апаратів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

— розглянути енергетичні потоки при експлуатації ЕЛОУ-АВТ;

- визначити реальний температурний напір;
- розрахувати оптимальне значення температурного напору;
- зробити розрахунок нових теплообмінних апаратів вище і нижче пінча;
- виконати розташування рекуперативних теплообмінників.

В основу аналізу гарячих і холодних теплових потоків установки ЕЛОУ-АВТ покладено метод пінч-аналізу, який полягає в оптимізації рекуперативного теплообміну, тобто у визначенні мінімального температурного напору між кривими гарячих потоків Н і холодних С, який називається пінчем [1]. Згідно з цим методом визначено температурні інтервали гарячих і холодних потоків, розраховано і побудовано такі криві [2]. Сіткова схема технологічних потоків рекуперативних теплообмінників Т, повітряних холодильників ПХ та печей П існуючої установки ЕЛОУ-АВТ представляється на рис. 1.

ЕЛОУ-АВТ призначена для підготовки і первинної перегонки нафти з метою отримання: зрідженого вуглеводневого газу ЗВГ, бензинової фракції БФ, газової фракції ГФ, дизельної фракції ДФ, вакуумного газойлю ВГ і гудрону. Установка АВТ складається з таких технологічних блоків: попереднього випаровування бензину, атмосферної перегонки нафти і стабілізації бензину.

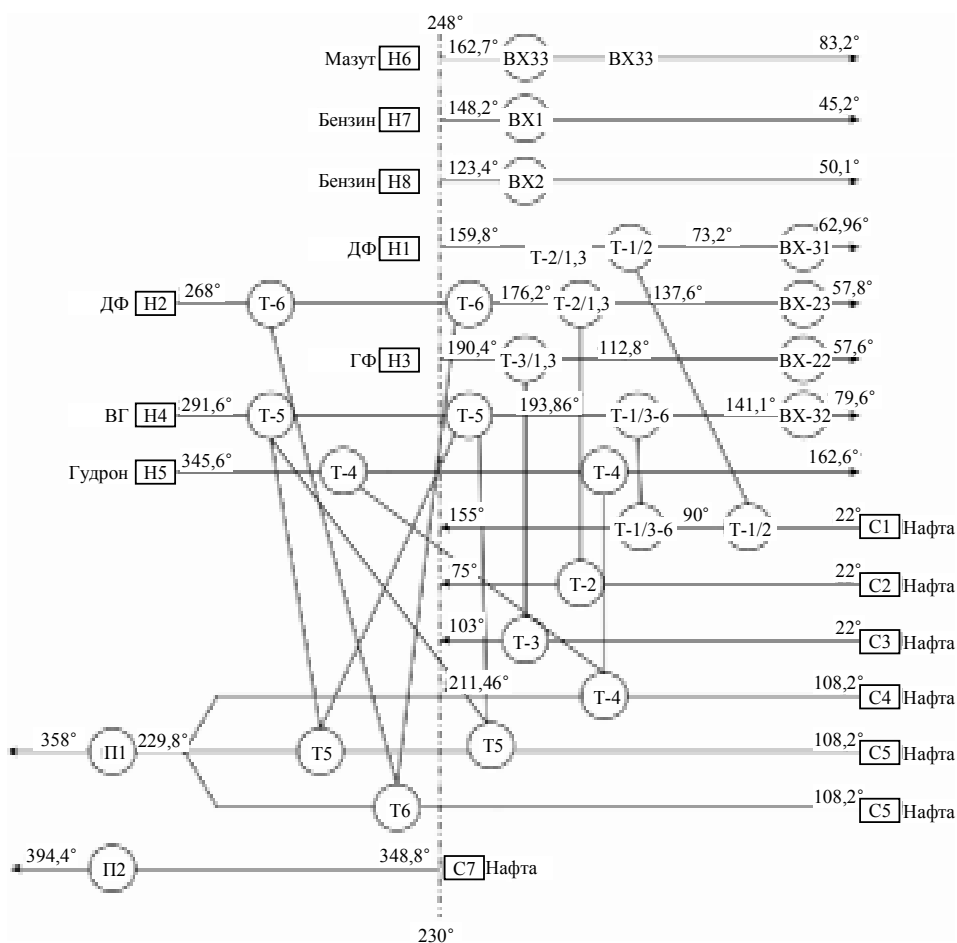


Рис. 1. Сіткова схема технологічних потоків рекуперативних теплообмінників існуючої установки ЕЛОУ-АВТ

Оптимізація теплообмінного устаткування установки ЕЛОУ-АВТ полягає в мінімізації терміну окупності капіталовкладень. Зменшення температурного напору приводить до зменшення підведеної кількості енергії, що певним чином відображається в економії палива, яке вико-

ристовується в печах. В той же час збільшується кількість енергії, що рекуперується всередині установки від гарячих до холодних потоків. Для реалізації цього потрібні додаткові площі теплообміну, які збільшуються до того ж і через зменшення температурного напору.

Далі за допомогою алгоритму табличної задачі для різних значень мінімального температурного напору Δt_{\min} в інтервалі від 10 до 40 °С обчислюються цільові енергетичні значення для гарячих і холодних утиліт і вартість енергоносіїв, які споживаються за рік (табл. 1). Для цих же умов визначається необхідна площа теплообміну і загальна приведена вартість проекту.

Критерієм оптимізації виступають приведені розрахункові витрати

$$\text{ПРВ}_{\text{мережі}} = \text{ПКВ}_{\text{мережі}} + E,$$

де $\text{ПКВ}_{\text{мережі}}$ — приведені капітальні витрати на будівництво мережі,

$$\text{ПКВ}_{\text{мережі}} = a \cdot \text{КВ}_t,$$

a — коефіцієнт амортизації та плати за кредит, який визначається як

$$a = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1},$$

i — річна процентна ставка, приймається $i = 0,1$;

n — кількість років кредиту, прийнято такою, що дорівнює п'яти;

КВ_t — капітальні витрати на теплообмінники, USD

$$\text{КВ}_t = Na \left(40000 + 500 \frac{F}{N} \right),$$

N — кількість рекуперативних та повітряних теплообмінників;

F — площа поверхні теплообміну, м²;

E — вартість затраченої енергії за рік, USD

$$E = Q_{\text{гар}} 95040 + Q_{\text{хол}} 9504,$$

$Q_{\text{гар}}$ — гарячі утиліти, МВт·рік;

$Q_{\text{хол}}$ — холодні утиліти, МВт·рік.

Таблиця 1

Вплив мінімального температурного напору на приведені витрати

Δt_{\min} , °С	$Q_{\text{гар}}$, МВт	$Q_{\text{хол}}$, МВт	F , м ²	$\text{ПКВ}_{\text{мережі}}$, USD	E , USD	$\text{ПРВ}_{\text{мережі}}$, USD
40	61,0	9,6	4691,7	956500	761350	1717850
34	60,1	8,8	4646,2	950502	621137	1571638
30	58,3	8,3	4265,3	900261	520160	1420420
26	59,4	8,0	4152,3	885355	426536	1311891
24	59,0	7,7	3838,9	844021	375445	1219466
22	58,6	7,2	3646,1	818585	327223	1145808
20	58,1	6,9	4946,5	990110	403721	1393830
16	57,6	6,4	9167,2	1546812	579723	2126535
12	57,2	5,2	14507,9	2251251	740799	2992049
10	57,0	5,6	20017,8	2978013	830425	3808438

Згідно з отриманими значеннями будується залежність приведених витрат від мінімального температурного напору в пінчі (рис. 2).

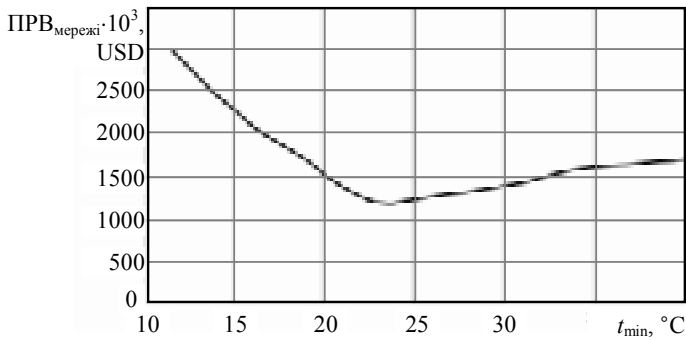


Рис. 2. Залежність розрахункових приведених витрат від мінімального температурного напору в пінчі

З рисунка 2 і таблиці 1 виявлено, що оптимальним температурним напором є значення в інтервалі 20 ... 25 °C. Для подальших розрахунків оптимального приймається значення 22 °C.

Після визначення оптимального пінча потрібно розмістити на схемі теплообмінники, які будуть забезпечувати нагрів холодних потоків за рахунок переданої енергії від гарячих потоків [1]. Результати розрахунку табличної задачі представлено з урахуванням основних принципів пінч-аналізу наведені у табл. 2.

Таблиця 2

Результати розрахунку табличної задачі установки ЕЛОУ-АВТ

Назва	Позначення на схемі	$CP_{H(C)}$, МДж/(год·K)	$t_{H(C)1}$, °C	$t_{H(C)2}$, °C	$Q_{H(C)}$, кВт	Δt_C , °C
Теплообмінники вище пінча						
T1 (H12-C8)	H12	329	291,6	286,4	1708	22,0
	C6	176	264,3	273,9		
T2 (H11-C8)	H11	208	346,6	286,4	12504	22,0
	C8	860	264,3	279,0		
Теплообмінники нижче пінча						
T3 (H12-C8)	H12	329	286,4	196,1	29673	22,0
	C8	860	229,8	264,3		
T4 (H11-C5)	H11	208	286,4	162,6	25714	74,9
	C5	370	142,0	211,5		
T5 (H13-C6)	H13	160	286,3	176,0	17648	22,0
	C6	178	108,2	264,3		
T6 (H13-C7)	H13	155	286,3	176,0	17061	49,1
	C7	248	108,2	237,2		
T7 (H10-C7)	H10	263	190,4	133,5	14946	22,0
	C7	248	108,2	168,4		
T8 (H8-C6)	H8	186	195,0	140,2	10164	29,8
	C6	178	108,2	165,2		
T9 (H14-C5)	H14	53	162,6	83,3	4180	20,6
	C5	370	130,7	142,0		
T10 (H7-C5)	H7	165	160,0	109,4	8345	29,3
	C5	370	108,2	130,7		
T11 (H12-C2)	H12	355	196,1	195,0	355	41,1
	C2	231	153,5	155,0		
T12 (H9-C2)	H9	247	176,0	133,1	10616	22,5
	C2	231	107,5	153,5		
T13 (H8-C2)	H8	186	140,2	118,5	4039	32,7
	C2	231	90,0	107,5		
T14 (H10-C4)	H10	263	133,5	112,9	5421	30,5
	C4	251	81,4	103,0		
T15 (H4-C4)	H4	290	148,2	96,6	14949	66,8
	C4	251	22,0	81,4		
T16 (H5-C1)	H5	392	123,4	86,9	14303	101,4
	C1	210	90,0	22,0		
T17 (H3-C3)	H3	153	137,6	58,0	10631	62,6
	C3	201	22,0	75,0		

Згідно з отриманими результатами запропоновано енерготехнологічну схему ЕЛОУ-АВТ з рекуперативними теплообмінниками, на якій виділено теплообмінне обладнання, що використовується і не потребує додаткових змін.

Отже, проведений пінч-аналіз існуючої технологічної схеми установки ЕЛОУ-АВТ виявив перехресні теплові потоки через пінч, що є неприпустимим. Техніко-економічний аналіз показав, що оптимальний мінімальний температурний напір в області пінча дорівнює 22°C. У запропонованій новій енерготехнологічній схемі вдалося залучити діючі теплообмінні апарати, а за рахунок застосування рекуперативних теплообмінників з'явилася можливість зменшення потужності печі П1. При цьому відповідно зменшиться енергія, яка споживається пінчу, а також кількість теплоти, яка відводиться у навколишнє середовище.

Література

1. Основы интеграции тепловых процессов / Р. Смит, И. Клемеш, Л.Л. Товажнянский и др. — Харьков: НТУУ “ХПИ”. — 2000. — 458 с.
2. Максимов, М.В. Определение минимального температурного напора между холодными и горячими потоками для рекуперативных теплообменников ЭЛОУ-АВТ / М.В. Максимов, В.И. Крывда // Холодил. техніка і технологія / Одес. держ. акад. холоду. — Одеса, 2011. — № 3(131). — С. 56 — 62.

References

1. Osnovy integratsii teplovykh protsessov [Fundamentals of Thermal Processes Integration] / R. Smit, I. Klemesh, L.L. Tovazhnyanskiy i dr. — Khar'kov, 2000. — 458 p.
2. Maksimov, M.V. Opredelenie minimal'nogo temperaturnogo napora mezhdru kholodnymi i goryachimi potokami dlya rekuperativnykh teploobmennikov ELOU-AVT [Determination of Minimal Temperature Pressure between Cold and Hot Flows for Recuperative Heat Exchangers REDA-VDU] / M.V. Maksimov, V.I. Kryvda // Kholodyl. tekhnika i tekhnolohiia / Odes. derzh. akad. kholodu [Refrigerating Engineering and Technology / Odessa State Academy of Refrigeration] — Odesa, 2011. — # 3(131). — PP. 56 — 62.

Рецензент д-р техн. наук, проф. Одес. нац. політехн. ун-ту Кравченко В.П.

Надійшла до редакції 22 червня 2011 р.