

Ведь В.Є., д.техн.н., професор, Миронов А.М., к.техн.н., доцент,  
Льченко М.В., к.техн.н., доцент, Горбунов К.О., к.техн.н., професор,  
Пономаренко Г.В., к.техн.н., доцент, Скларов І.С., студент

## ПІНЧ-ІНТЕГРАЦІЙНА ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕПЛООБМІННОЇ МЕРЕЖІ ПРОЦЕСУ КОНЦЕНТРУВАННЯ ГІДРОЛІЗНОЇ СІРЧАНОЇ КИСЛОТИ

*Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", Харків*

**Ключові слова:** пінч-аналіз, пінч-інтеграція, інтеграція процесів, упарювання, сірчана кислота, концентрування, енергозбереження, енергоефективність.

Питання енергозбереження на великих промислових підприємствах є одними з найбільш гострих. В умовах необхідності економії паливно-енергетичних ресурсів, спричинених високими закупівельними цінами на енергоносії, та орієнтованістю на тип виробництва, який підпадає під принципи сталого розвитку промислової економіки, кожен заощаджений кіловат енергії набуває особливої ваги. Досвід дослідників з країн Близького сходу [1, 2], Європи [3, 4], Китаю [5, 6] та інших держав [7, 8] підтверджує необхідність у пошуку шляхів підвищення ефективності агрегатів, робота яких безпосередньо пов'язана з використанням теплової енергії. При цьому в означених роботах відзначається домінуючий вплив альтернативної енергетики, яка повинна певним чином вбудовуватися до існуючих технологічних схем виробництв у різних галузях. Наразі для української промисловості актуальним, втілюваним є дещо більш консервативний шлях – пряма безпосередня кількісна економія енергоносіїв, яка б не шкодила якісним показникам підприємства. І методика для її реалізації на сьогодні є досить відомою – це інтеграція процесів. Роботи у цій галузі [9–11] вже понад 20 років підтверджують високу ефективність, яка поєднується із усіма вказаними цілями. Використання пінч-аналізу як одного з ключових серед усієї палітри методів інтеграції хіміко-технологічних процесів дозволяє розробляти альтернативні проекти реконструкції теплових мереж виробництв досить швидко, з високою точністю, із дотриманням умови невторчання до технологічного циклу та без попередніх фізичного макетування чи випробувань.

Загальновідомо, що одними з найбільш енергоємних виробничих процесів є основні етапи хіміко-технологічної обробки речовин, зокрема упарювання розчинів та дистиляція. Цим питанням станом на сьогоднішній день присвячено чимало наукових досліджень – починаючи від традиційного та фундаментального підходу до вирішення проблеми – і до найбільш сучасних, із побудовою динамічних [12] та симуляційних [13] моделей. Майже щороку дедалі більше фахівців починають розглядати процес заощадження різних видів енергії як комплексний, здатний поєднати у собі консервативні технічні рішення та новітні розрахункові можливості – у першу чергу задля забезпечення якості та підвищення ступеню оптимізації кінцевого рішення. Окремі науковці [14] прямо закликають до спільного застосування заходів теплової інтеграції технологічних процесів та оптимізації схем теплообмінних мереж у процесах екстрагування речовин. Як показано у роботі [15], навіть енергоспоживання більш складних у розділенні рідинних систем може бути вдосконалене при застосуванні методів, які орієнтовані на конкретні цільові значення – рекуперацію теплової енергії та економію первинного палива. При цьому супутне вирішується ціла низка екологічних проблем.

Інтеграція процесів у цілому, і пінч-аналіз зокрема відкривають надзвичайні за розмахом можливості для заощадження енергії у процесах упарювання речовин. Рамки наведеного нижче розрахункового дослідження обмежують промислову ділянку масштабами процесу концентрування гідролісної сірчаної кислоти (ГСК), яке, згідно технології, відбувається за допомогою чотирьох випарних апаратів. На рисунку 1 представлена принципова технологічна схема досліджуваного переробного підприємства.

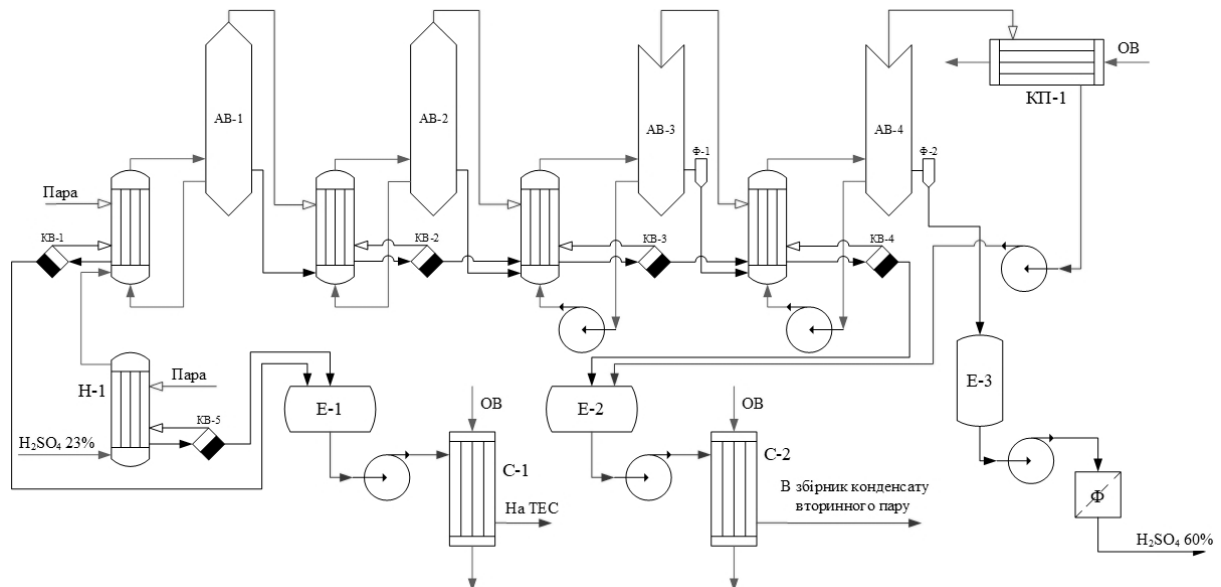


Рисунок 1 – Принципова технологічна схема концентрування ГСК

Установа призначена для концентрування гідролісної сірчаної кислоти з отриманням залізного купоросу. У технічному проекті ухвалені рішення, які при дотриманні параметрів грійочої пари, вихідного розчину та технічної води, наведених у вихідних даних, забезпечують проектну продуктивність, надійність та довговічність роботи установки. До основи розробки проекту покладено результати лабораторних досліджень, інформацію про способи утилізації ГСК, про роботу діючих установок з переробки ГСК. Для даної стадії виробництва прийнято чотирьохкорпусний випарний апарат. Така кількість корпусів випарної установки прийнята з умовами максимального використання тепла грійочої пари. Перші два апарати працюють з природною циркуляцією розчину, два наступних – з примусовою циркуляцією, що пов'язано з виділенням твердої фази у третьому та четвертому корпусах. Установка призначена для концентрування гідролісної кислоти до 60 %  $H_2SO_4$  та виділення з неї домішок у вигляді твердої фази.

Гідролізна кислота підігрівается у нагрівачі і надходить у випарний апарат АВ1 чотирьохкорпусної випарної установки. Проходячи послідовно по випарним апаратам від першого до четвертого, розчин упарюється, концентрація сірчаної кислоти підвищується до 60%, при цьому розчинені сульфати (Fe, Al, Mg, Mn, V) виділяються у вигляді твердої фази. Новоутворена суспензія сульфатів у упареній сірчаній кислоті збирається у ємності Е3, а потім насосами подається в установку фільтрування і виходить з установки як кінцевий продукт.

Грійоча камера апарату АВ1 обігрівается паром, що надходять з ТЕЦ. Конденсат з грійочої камери апарату АВ1 виводиться через конденсатовідвідник КВ1, та подається до ємності Е1, звідки насосом через охолоджувач повертається на ТЕЦ. Вторинна

пара з апарату АВ1 використовується для обігріву гріючої камери апарату АВ2, вторинна пара з апарату АВ2 використовується для обігріву гріючої камери апарату АВ3, вторинна пара з апарату АВ3 використовується для обігріву гріючої камери апарату АВ4, вторинна пара з апарату АВ4 конденсується у конденсаторі КП1, після чого збирається до ємності Е2. Конденсат вторинної пари з гріючої камери апарату АВ-3 також збирається у ємності Е3, відкачується насосом та охолоджується у охолоджувачі С1 для подальшого використання у технологічному процесі.

У період пуску установок для створення вакууму у системі використовуються водокільцевий вакуум-насос ВВН1. Після виходу на режим пароежекторний вакуум-насос НВЕ1 та водокільцевий вакуум-насоси ВВН1 вимикаються.

У пінч-аналізі кожен процес, який піддається оптимізації, прийнято розглядати у якості сукупності холодних та гарячих потоків. Перелік потоків, обраних для інтеграції, наведено у таблиці 1 (використані наступні позначення:  $T_s$  – температура постачання, °С;  $T_T$  – цільова температура, °С;  $G$  – масова витрата, кг/год;  $CP$  – потокова теплоємність, кВт/°С;  $r$  – питома теплота пароутворення, Дж/кг;  $\Delta H$  – потокова ентальпія).

Таблиця 1 – Потоківі дані технологічної схеми

№	Назва потоку	Тип	$T_s$	$T_T$	$G$	$CP$	$r$	$\Delta H$
1	Конденсат гріючої пари	гар	179	90	2,76	11,95		1063,50
2	Вторинна пара з АВ-1	гар	147	147	2,16		1575,11	3396,11
3	Вторинна пара з АВ-2	гар	119	119	1,83		1765,84	3231,99
4	Вторинна пара з АВ-3	гар	90	90	1,61		2400,42	3859,81
5	Вторинна пара з АВ-4	гар	40	40	1,62		2406,68	3902,84
6	Конденсат вторинної пари	гар	89	40	7,22	30,38		1488,59
7	Гідролізна $H_2SO_4$ , 23%	хол	9	139	12,72	41,76		5428,26
8	Сірчана кислота 26%	хол	155	155	12,72		462,43	5879,85
9	Сірчана кислота 34%	хол	132	132	10,56		321,63	3396,11
10	Сірчана кислота 43,4%	хол	108	108	8,73		370,27	3231,99
11	Сірчана кислота 60%	хол	75	75	7,22		534,77	3859,81

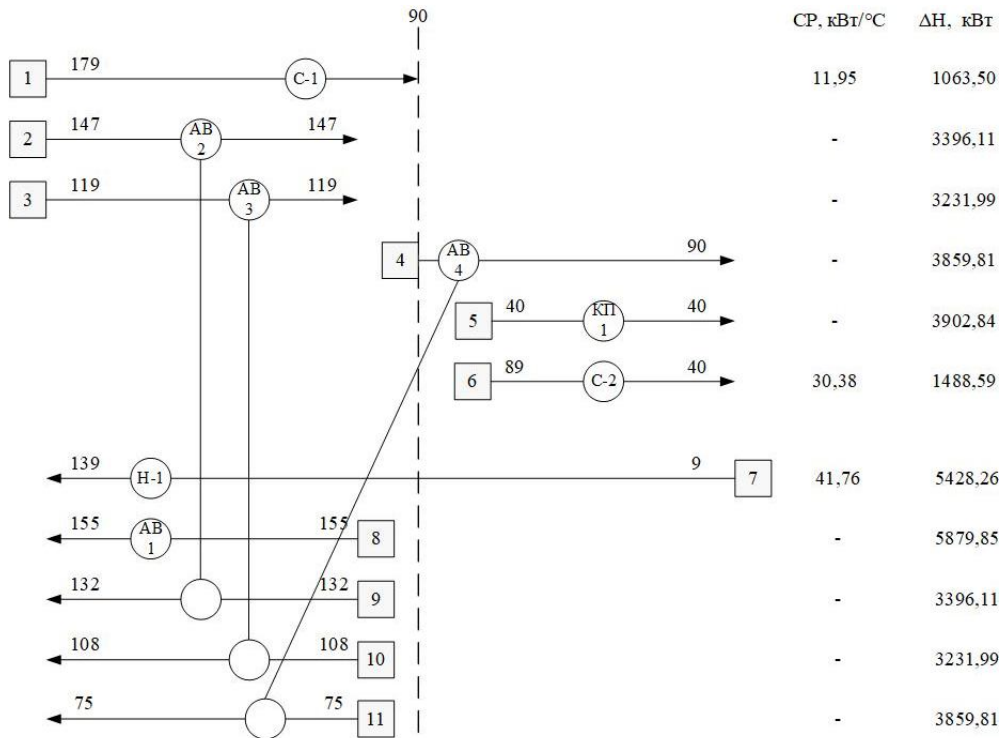
За наведеними у таблиці 1 даними сформовано сіткову діаграму – рисунок 2. Згідно розрахунків, наявна рекуперація теплової енергії становить  $Q_{REC} = 10487,91$  кВт.

Виходячи з даних табл. 1 та відомого значення рекуперації, побудовано складові криві, які являють собою графічний опис системи, розміщений на температурно-ентальпійній діаграмі – рисунок 3. За ними визначено, що існуюча мережа теплообміну працює за мінімальної різниці температур, що дорівнює  $\Delta T_{min} = 39$  °С. При цьому величина гарячих утиліт (зовнішніх енергоносіїв) складає  $Q_{Hmin} = 11308,11$  кВт, а холодних (зовнішніх холодоагентів) –  $Q_{Cmin} = 6454,93$  кВт.

Для проекту реконструкції встановлено нову  $\Delta T_{min} = 10$  °С та знову побудовано складові криві – рисунок 4. Згідно обчислень отримано цільові енергетичні значення для холодних та гарячих утиліт:  $Q_{Hmin} = 7879,15$  кВт та  $Q_{Cmin} = 3025,97$  кВт. Максимальна потужність рекуперації складає  $Q_{REC} = 13916,87$  кВт. Точку пінча локалізовано на температурах  $T_{Hпінч} = 40$  °С для гарячих та  $T_{Cпінч} = 30$  °С для холодних потоків.

При проектуванні мережі теплообміну початкову систему розділено на дві підсистеми: вище пінча та нижче пінча. У зоні поблизу пінча діють найменші рушійні си-

ли теплопередачі, що робить її найбільш складною областю для розміщення рекуперативних теплообмінних апаратів. Проектування оптимізованої мережі теплообмінників починалося у точці пінча, із поступовим віддаленням від нього.



51

Рисунок 2 – Сіткова діаграма існуючої мережі теплообмінних апаратів з лінією пінча

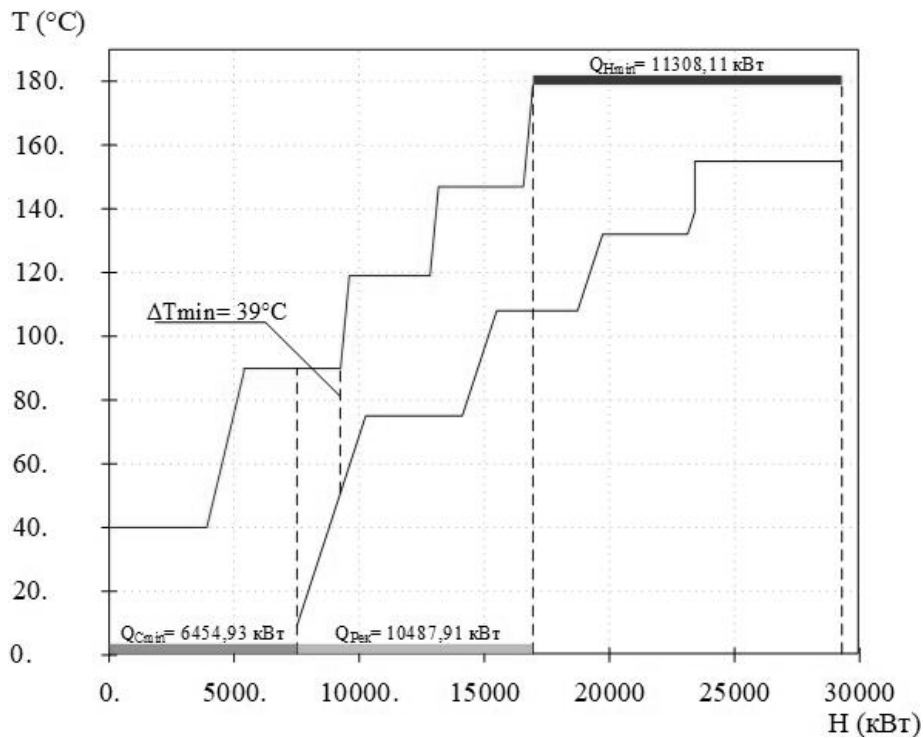


Рисунок 3 – Спільне зображення складових кривих для існуючого процесу

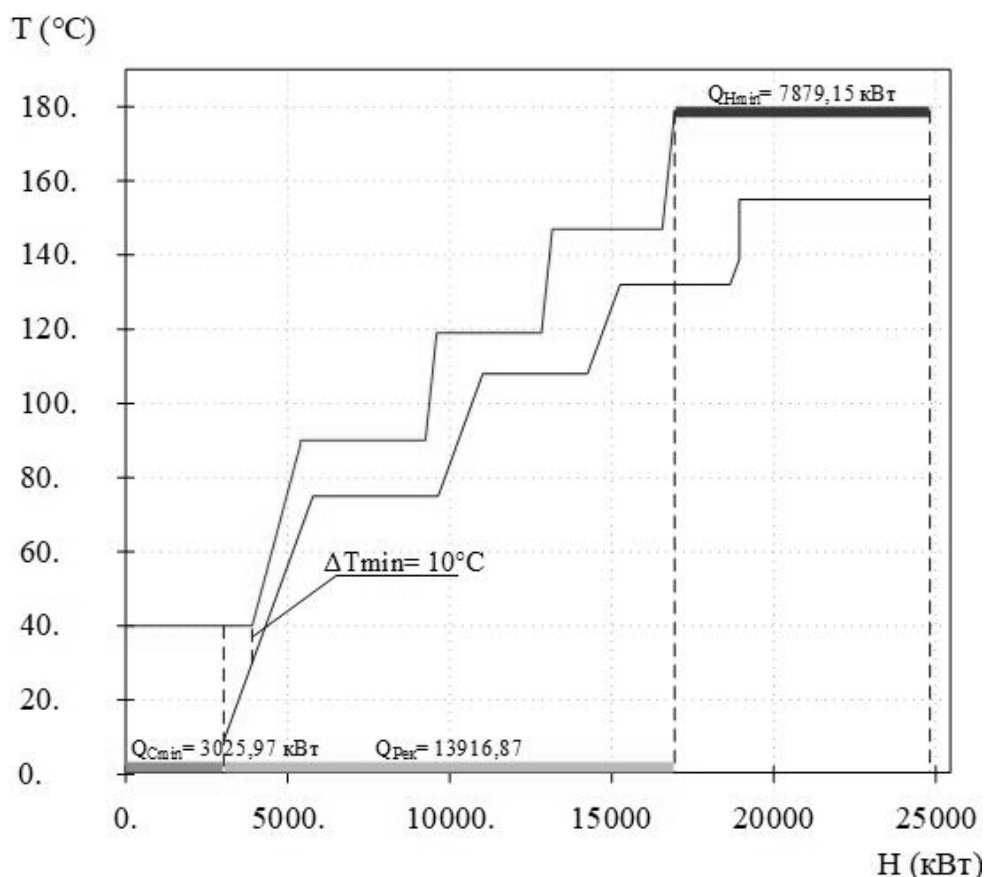


Рисунок 4 – Спільне зображення складових кривих для проекту інтеграції

Для того, щоб максимально скоротити загальну кількість теплообмінників при проектуванні нової теплообмінної мережі, до кожного потоку спрямовується така кількість теплового навантаження, яку він може прийняти, дотримуючись усіх правил. Зокрема, важливу роль відіграють  $CP$ - та  $N$ -правила, де  $N$  – це число потоків у підсистемі.

Після розстановки рекуперативних теплообмінних апаратів надлишок теплового навантаження на потоках кожного типу компенсується встановленням утилітних теплообмінників. На сітковій діаграмі під кожним теплообмінним апаратом вказано значення його теплового навантаження – рисунок 5.

Проектування оптимізованої мережі теплообміну завершено. Оновлена принципова технологічна схема містить 3 нових рекуперативних теплообмінника (ТР-1, ТР-2, ТР-3), два нагрівача (Н-1 та АВ1) та один холодильник (КП1) – рисунок 6.

Порівняти початкові та запроєктовані витрати енергії утиліт можна за даними, наведеними у таблиці 2.

Таблиця 2 – Порівняння енергетичних характеристик теплообмінної мережі для існуючого процесу та проекту реконструкції

Схема	Рекуперация, $Q_{REC}$ , кВт	Гарячі утиліти, $Q_{Hmin}$ , кВт	Холодні утиліти, $Q_{Cmin}$ , кВт
Існуюча мережа	10487,91	11308,11	6454,93
Проект реконструкції	13916,87	7879,15	3025,97
Відсоткова зміна	+32,7%	-30,3%	-53,1%

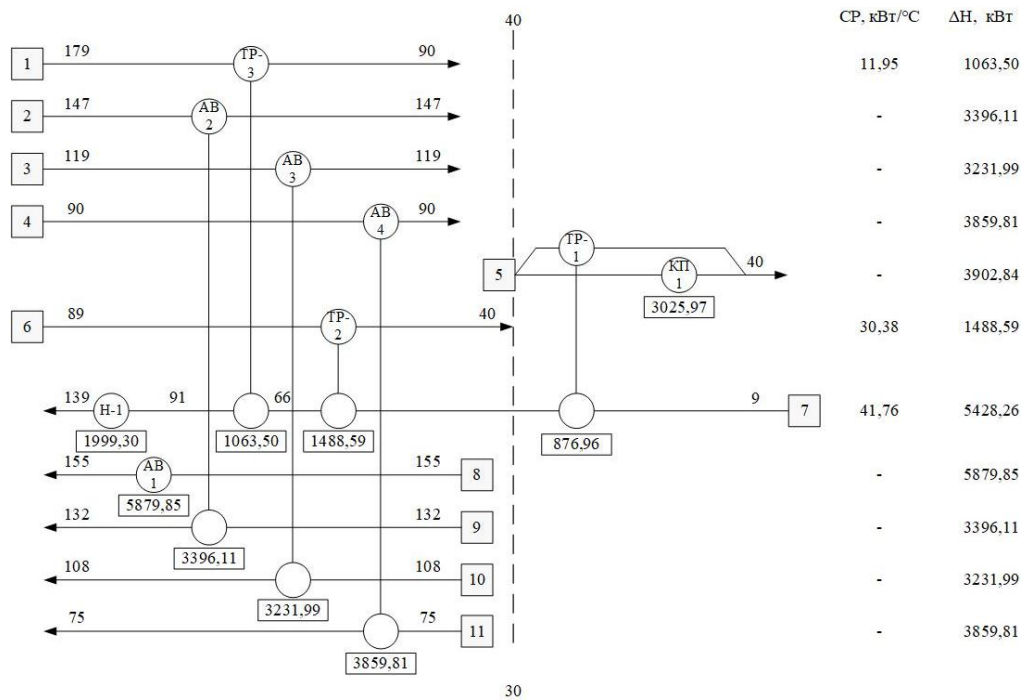


Рисунок 5 – Сіткова діаграма для проекту інтеграції

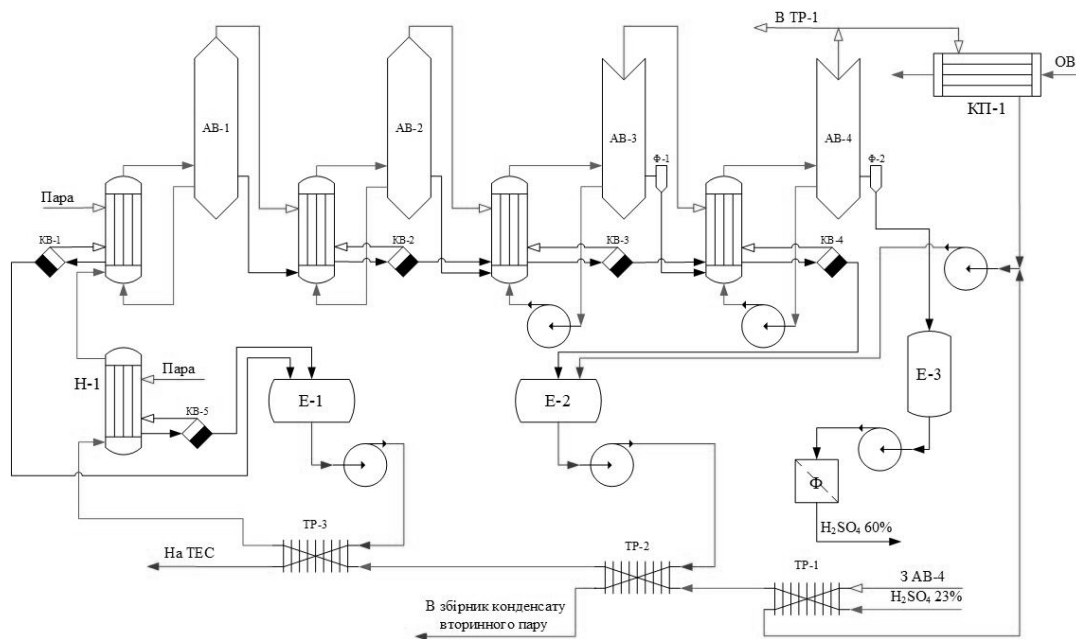


Рисунок 6 – Оптимізована принципова технологічна схема теплообмінної мережі установки концентрування гідролізісної сірчаної кислоти

**Висновки.** Досліджено технологічну схему установки концентрування гідролізісної сірчаної кислоти. Встановлено наявність потенціалу енергозбереження у системі. Проведено пінч-інтеграцію теплообмінної мережі процесу, яка передбачає інсталяцію нових та переобв'язання наявних теплообмінних апаратів – рекуперативних та утилітних. Розрахунково показано, що запропонована теплообмінна мережа здатна забезпечити

збільшення рекуперації на 32,7 %, зменшивши потребу у тепловій потужності зовнішніх енергоджерел: гарячих утиліт – на 30,3 %, а холодних – на 53,1 %.

Література

1. Hosseini S., Khandakar A., Chowdhury M.E.H. et al. Novel and robust machine learning approach for estimating the fouling factor in heat exchangers // Saleh Hosseini, Amith Khandakar, Muhammad E.H. Chowdhury, Mohamed Arselene Ayari, Tawsifur Rahman, Moajjem Hossain Chowdhury, Behzad Vaferi // *Energy Reports*. Volume 8, November 2022, Pages 8767–8776.

2. Ibrahim S., Aamir N., Mousa A.A.A. et al. Improving performance evaluation coefficient and parabolic solar collector efficiency with hybrid nanofluid by innovative slotted turbulators // Syed Ibrahim, Nudrat Aamir, Abd Allah A. Mousa, Haneen Hamam, Awatif Al-howaity, Vakkar Alie Muhammad Ibrahim, Tareq Saeed // *Sustainable Energy Technologies and Assessments*. Volume 53, Part A, October 2022, 102391.

3. Freisleben V., Jegla Z., Krňávek M. Analytical approach for energy retrofit of waste gas-to-energy units // Vít Freisleben, Zdeněk Jegla, Martin Krňávek // *Applied Thermal Engineering*. Volume 214, September 2022, 118828.

4. Lawrence A., Karlsson M., Nehler T. et al. Effects of monetary investment, payback time and firm characteristics on electricity saving in energy-intensive industry // Akvile Lawrence, Magnus Karlsson, Therese Nehler, Patrik Thollander // *Applied Energy*. Volume 240, 15 April 2019, Pages 499–512.

5. Zhu W.-K., Wang C-y., Wang L-s. Analysis of energy-saving and environmental benefits from power structure adjustment in China: A comparative study from 2020 to 2060 // Wen-Kai Zhu, Cheng-yuan Wang, Li-song Wang, Xiao-han Wu, Qiang Yue // *Sustainable Production and Consumption*. Volume 31, May 2022, Pages 750–761.

6. Du J., Zheng J., Liang Y. et al. A hybrid deep learning framework for predicting daily natural gas consumption // Jian Du, Jianqin Zheng, Yongtu Liang, Xinyi Lu, Jiří Jaromír Klemeš, Petar Sabev Varbanov, Khurram Shahzad, Muhammad Imtiaz Rashid, Arshid Mahmood Ali, Qi Liao, Bohong Wang // *Applied Thermal Engineering*. Volume 214, September 2022, 118828.

7. Naderipour A., Kamyab H., Klemeš J.J. et al. Optimal design of hybrid grid-connected photovoltaic/wind/battery sustainable energy system improving reliability, cost and emission // Amirreza Naderipour, Hesam Kamyab, Jiří Jaromír Klemeš, Reza Ebrahimi Shreshivadasan Chelliapan, Saber Arabi Nowdeh, Aldrin Abdullah, Massoomeh Hedayati Marzbali // *Energy*. Volume 257, 15 October 2022, 124679.

8. Yap K.Y., Chin H.H., Klemeš J.J. Future outlook on 6G technology for renewable energy sources (RES) // Kah Yung Yap, Hon Huin Chin, Jiří Jaromír Klemeš // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Volume 167, October 2022, 112722.

9. Tovazhnyansky L.L., Kapustenko P.A., Uliev L.M. et al. Application of process integration for energy saving and pollution reduction in Ukraine // *Budapest: PRES'99 Proceedings*, ed. by F. Friedler and J. Klemes (Hungarian Chemical Society) – 1999. – PP. 659–664.

10. Moodley A., Majazi T. Development of a unified mass and heat integration framework for sustainable design. An automated approach // *Chemical Engineering Transactions* – 2005. – № 7. – PP. 465–470.

11. Kapustenko P.O., Ulyev L.M., Ilchenko M.V. et al. Integration processes of benzene-toluene-xylene fraction, hydrogenation, hydrodesulphurization and hydrothermoprocess-

ing on installation of benzene unit // P.O. Kapustenko, L.M. Ulyev, M.V. Ilchenko, O.P. Arsenyeva // Chemical Engineering Transactions – 2015. – Vol. 45. – PP. 235–240.

12. Markowski M., Trafczynski M., Kisielewski P. The dynamic model of a rectification heat exchanger using the concept of heat-integrated distillation column // Mariusz Markowski, Marian Trafczynski, Piotr Kisielewski // Energy. Volume 256, 1 October 2022, 124622.

13. Zhang D., Zeng S., Li Z. et al. Simulation-assisted design of a distillation train with simultaneous column and sequence optimization // Dan Zhang, Siying Zeng, Zhendong Li, Minbo Yang, Xiao Feng // Computers & Chemical Engineering. Volume 164, August 2022, 107907.

14. Brito K.D., Cordeiro G.M., Figueirêdo M.F. et al. Economic evaluation of energy saving alternatives in extractive distillation process // K.D. Brito, G.M. Cordeiro, M.F. Figueirêdo, L.G.S. Vasconcelos, R.P. Brito // Computers & Chemical Engineering. Volume 93, 4 October 2016, Pages 185–196.

15. Zhang Z., Shi X., Zhu X. Investigation of energy-saving thermally coupled extractive distillation alternatives with different liquid side-stream for a quaternary azeotropic system // Zhishan Zhang, Xiaojing Shi, Xiuyu Zhu, Min Li, Jun Gao // Separation and Purification Technology. Volume 268, 1 August 2021, 118706.

УДК 665.7

Ведь В.С., д.техн.н., професор, Миронов А.М., к.техн.н., доцент,  
Ільченко М.В., к.техн.н., доцент, Горбунов К.О., к.техн.н., професор,  
Пономаренко Г.В., к.техн.н., доцент, Скляров І.С., студент

### **ПІНЧ-ІНТЕГРАЦІЙНА ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕПЛОБМІННОЇ МЕРЕЖІ ПРОЦЕСУ КОНЦЕНТРУВАННЯ ГІДРОЛІЗНОЇ СІРЧАНОЇ КИСЛОТИ**

У роботі розглядається питання можливості збереження теплової енергії на промисловому підприємстві. У якості засобу оптимізації енергоспоживання використаний один з методів інтеграції хіміко-технологічних процесів – пінч-аналіз. Встановлено, що проблеми значного споживання енергії є актуальними для дослідників та промисловців в усьому світі, а їх вирішення науковці бачать перш за все у розвитку альтернативних джерел енергетики та сучасних способах енергозаощадження з добре прогнозованими результатами. Вказано, що цільові функції при цьому можуть бути комбінованими: фінансово-енергетичними та енерго-екологічними, оскільки саме такі результати забезпечуються самою сутністю енергоресурсозбереження, яке застосовується до промислового процесу.

На початковому етапі дослідження проведено аналіз структури споживання теплової енергії апаратами у процесі концентрування гідролізної сірчаної кислоти. За його результатами встановлено, що наявна мінімальна різниця температур у системі є далекою від оптимального та технічно досяжного значення. З огляду на підтверджений енергозберігаючий потенціал було оцінено його величину. Для цього розрахунковим шляхом встановлено значення присутньої у системі рекуперації тепла, а також визначено обсяг енергії, яка поступає від зовнішніх теплоносіїв та холодоагентів. За результатами обчислень побудовано сіткову діаграму та складові криві вказаного технологічного процесу.



На другому етапі проведені оптимізаційні заходи, які почалися з вибору нового, меншого значення мінімальної різниці температур для усієї теплообмінної мережі цієї промислової установки. Для згаданого значення побудовано зрушені складові криві та розроблено оновлену сіткову діаграму. У інтегрованій мережі теплообміну присутні три додаткові рекуперативні теплообмінники та переглянуті режими роботи тих апаратів, які було прийнято рішення залишити. За результатами оптимізації спроектовано технологічну схему процесу концентрування гідролізної сірчаної кислоти зі збереженням ключових елементів виробничої технології.

Підсумком роботи є оптимізована теплообмінна мережа відділення промислового підприємства, яка дозволяє підвищити рекуперацію теплової енергії на 32,7 %, при цьому зменшивши витрату зовнішніх гарячих теплоносіїв на 30,3 %, а також зовнішніх холодоагентів – на 50,1 %. Отримані результати свідчать про дуже високу економічну ефективність та перспективність запровадження означеного проекту до виробництва.

**Ключові слова:** пінч-аналіз, пінч-інтеграція, інтеграція процесів, упарювання, сірчана кислота, концентрування, енергозбереження, енергоефективність.

Ведь В.Е., д.техн.н., професор, Миронов А.Н., к.техн.н., доцент,  
Ильченко М.В., к.техн.н., доцент, Горбунов К.А., к.техн.н., професор,  
Пономаренко А.В., к.техн.н., доцент, Складаров И.С., студент

## **ПИНЧ-ИНТЕГРАЦИОННАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕПЛООБМЕННОЙ СЕТИ ПРОЦЕССА КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ГИДРОЛИЗНОЙ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ**

В работе рассматривается вопрос о возможности сохранения тепловой энергии на промышленном предприятии. В качестве средства оптимизации энергопотребления использован один из методов интеграции химико-технологических процессов – пинч-анализ. Установлено, что проблемы значительного потребления энергии актуальны для исследователей и промышленников во всём мире, а их решение учёные видят прежде всего в развитии альтернативных источников энергетики и современных способах энергосбережения с хорошо прогнозируемыми результатами. Указано, что целевые функции при этом могут быть комбинированными: финансово-энергетическими и энерго-экологическими, поскольку именно такие результаты обеспечиваются самой сущностью энергоресурсосбережения, применяемому к промышленному процессу.

На начальном этапе исследования проведён анализ структуры потребления тепловой энергии аппаратами в процессе концентрования гидролизной серной кислоты. По его результатам установлено, что имеющаяся минимальная разница температур в системе далека от оптимального и технически достижимого значения. Учитывая подтверждённый энергосберегающий потенциал, была оценена его величина. Для этого расчётным путём установлено значение присутствующей в системе рекуперации тепла, а также определён объём поступающей от внешних теплоносителей и хладагентов энергии. По результатам вычислений построена сеточная диаграмма и составные кривые указанного технологического процесса.

На втором этапе проведены оптимизационные мероприятия, которые начались с выбора нового, меньшего значения минимальной разности температур для всей теплообменной сети этой промышленной установки. Для данного значения построены сдвинутые составные кривые и разработана обновлённая сеточная диаграмма. В интегрированной сети теплообмена присутствует три дополнительных рекуперативных теплообменника и пересмотрены режимы работы тех аппаратов, которые было принято реше-

ние оставить. По результатам оптимизации спроектирована технологическая схема процесса дистилляции концентрирования гидролизной серной кислоты с сохранением ключевых элементов производственной технологии.

Итогом работы является оптимизированная теплообменная сеть отделения промышленного предприятия, позволяющая повысить рекуперацию тепловой энергии на 32,7 %, при этом уменьшив расход внешних горячих теплоносителей на 30,3 %, а также внешних хладагентов – на 50,1 %. Полученные результаты свидетельствуют об очень высокой экономической эффективности и перспективности внедрения проекта в производство.

**Ключевые слова:** пинч-анализ, пинч-интеграция, интеграция процессов, упаривание, серная кислота, концентрирование, энергосбережение, энергоэффективность.

Ved V.E., Myronov A.M., Ilchenko M.V., Gorbunov K.O., Ponomarenko H.V., Skliarov I.S.

### **PINCH-INTEGRATIONAL OPTIMIZATION OF HEAT EXCHANGE NETWORK OF THE HYDROLYTIC SULFURIC ACID CONCENTRATION PROCESS**

The paper considers the question of the possibility of thermal energy saving at an industrial enterprise. As a means of optimizing energy consumption, one of the methods for integrating chemical-technological processes, pinch analysis, was used. It has been established that the problems of significant energy consumption are relevant for researchers and industrialists around the world, and scientists see their solution primarily in the development of alternative energy sources and modern methods of energy saving with well-predictable results. It is indicated that the target functions in this case can be combined: financial-energy and energy-environmental, since exactly these kinds of results are provided by the very essence of energy-and-resources saving applied to the industrial process.

At the initial stage of the study, an analysis of thermal energy consumption structure provided by apparatuses in hydrolytic sulfuric acid concentration process was made. Based on its results, it was found that the existing minimum temperature difference in the system is far from the optimal and technically achievable value. Taking into account the confirmed energy-saving potential, its value was estimated. For this, the value of the present heat recovery in the system is established through calculation, and the volume of energy coming from external heat carriers and refrigerants is determined. Based on the calculation results, a Grid diagram and Composite curves of the specified technological process were constructed.

At the second stage, optimization measures, which began with the choice of a new, lower value of the minimum temperature difference for the entire heat exchange network of this industrial plant, were carried out. For this value, shifted composite curves were constructed and an updated grid diagram was developed. In the integrated heat exchange network, there is three additional recuperative heat exchanger and were revised the operating modes of devices that it was decided to save. Based on the optimization results, a technological scheme of the hydrolytic sulfuric acid concentration process was designed while maintaining the key elements of the production technology.

The result of the work is an optimized heat exchange network of the industrial enterprise section, which makes it possible to increase the thermal energy recuperation by 32,7 %, while reducing the consumption of external heat carriers by 30,3 %, as well as external refrigerants – by 50,1 %. The results obtained indicate a very high economic efficiency and a prospects of implementation the project into production.

**Keywords:** pinch analysis, pinch integration, process integration, evaporation, sulfuric acid, concentration, energy saving, energy efficiency.