

УДК 66.048.3:62-73

Л.М. УЛЬЕВ, д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»;
С.В. ГРИЦАЙ, студент, НТУ «ХПИ»

ПИНЧ-ИНТЕГРАЦИЯ ПРОЦЕССА РЕКТИФИКАЦИИ СМЕСИ ЭТАНОЛ- ВОДА

Данная статья посвящена возможной тепловой интеграции в процессе ректификации смеси этанол-вода. Произведен анализ сеточной диаграммы процесса, построена новая сеточная диаграмма и предложена новая технологическая схема процесса с реконструкцией теплообменной системы с помощью методов пинч-анализа. В результате внедрения предложенного проекта от потребления тепловой энергии и охлаждающей воды возможно полностью отказаться. Срок окупаемости проекта составит 3 месяца.

Ключевые слова: тепловая интеграция, ректификация, сеточная диаграмма, пинч.

Введение. Сокращение потребления топливно-энергетических ресурсов является одной из глобальных проблем человечества. Их эконо-

© Л.М. Ульев, С.В. Грицай. 2013

мия и рациональное использование связано с широкомасштабным внедрением современных энергосберегающих технологий, создания высокоэффективных энерготехнологических комплексов [1–3]. Важным резервом в решении проблемы энерго- и ресурсосбережения является оптимальный по минимуму расход энергии или топлива при управлении динамическими объектами, а также проектирование аппаратов и систем, которые функционально требуют меньше энергозатрат по сравнению с имеющимися аналогами. На основе этого был создан метод энергосбережения, который базируется на интегрированном (комплексном, системном) подходе к производству, в целом, к системе всех процессов и аппаратов, индивидуальные и суммарные холодных и горячих потоков, выявление и анализ в них пинча – узких, лимитирующих мест – точек сближения горячих и холодных составных кривых [2, 4].

Именно с помощью этого метода и будет проведена реконструкция теплообменной системы процесса ректификации смеси этанол-вода.

Сеточная диаграмма. Изучив процесс ректификации смеси этанол-вода была создана сеточная диаграмма рис.1. На данной диаграмме мы видим технологические потоки с начальной и конечной температурами соответственно. На каждом из потоков установлены утилиты, таким образом мощность использования горячих утилит 812,5 кВт, а холодных – 819,6 кВт.

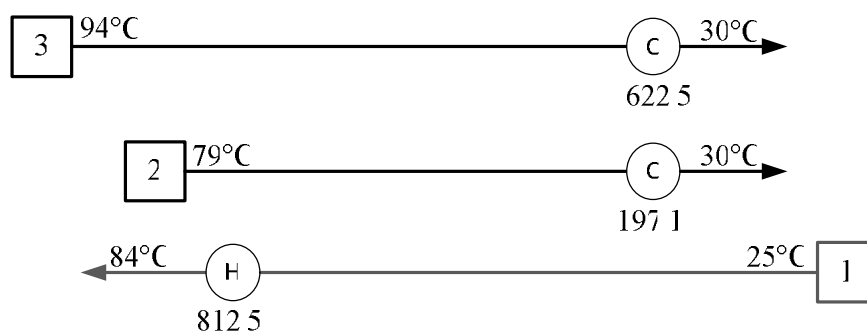


Рис. 1. Сеточная диаграмма технологической схемы ректификации смеси этанол – вода: 1–холодный поток; 2–3 – горячие потоки; Т–температура потока, °С; Q – тепловая нагрузка утилит, кВт.

Такое количество утилит, требует огромного потребления энергетических ресурсов, цены на которые в мире растут, поэтому необходимо спроектировать новую схему теплообменных аппаратов с более выгодными показателями.

Новая сеточная диаграмма. На обычной технологической схеме при проектировании очень трудно провести разделение технологической схемы ректификации на подсистему, которая находится выше пинча, и подсистему ниже пинча. Наиболее удобно это сделать, если представить технологические потоки схемы ректификации с помощью сетевого диаграммы, на которой показываются только операции теплопередачи [5]. Разделяем технологическую схему ректификации на две подсистемы, где вертикальные линии показывают локализацию пинча. По сторонам от вертикальных линий находится подсистемы потоков, расположенная слева – выше пинча, справа – ниже пинча.

Чтобы сократить количество теплообменных аппаратов будем использовать принцип максимальной нагрузки каждого рекуперативного теплообменника в тепловой сети технологической системы, так же было использовано правило CP . Критерии для теплообменных связей, размещаемых в подсистеме находящейся выше пинча $CP_H \leq CP_C$, а для подсистемы ниже пинча $CP_H \geq CP_C$, CP – потоковая теплоёмкость горячего и холодного потоков соответственно. Для того, чтобы выше пинча осуществить рекуперацию тепловой энергии горячих потоков холодными, количество горячих потоков не должно быть больше числа холодных потоков $N_H \leq N_C$, для подсистемы ниже пинча $N_H \geq N_C$. В итоге мы получили в подсистеме выше пинча расщепление холодного потока и были установлены три рекуперативных теплообменника и один нагреватель, а в подсистеме ниже пинча два охладителя. С помощью методов пинч-анализа была спроектирована и предложена новая схема системы теплообменников для процесса ректификации смеси этанол вода рис. 2,

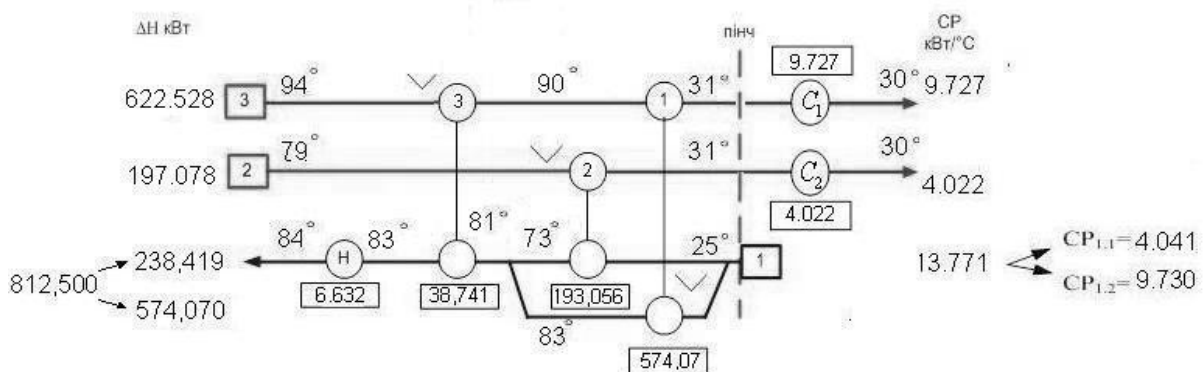


Рис. 2. Новая сеточная диаграмма технологических потоков и теплообменной системы технологической схемы ректификации

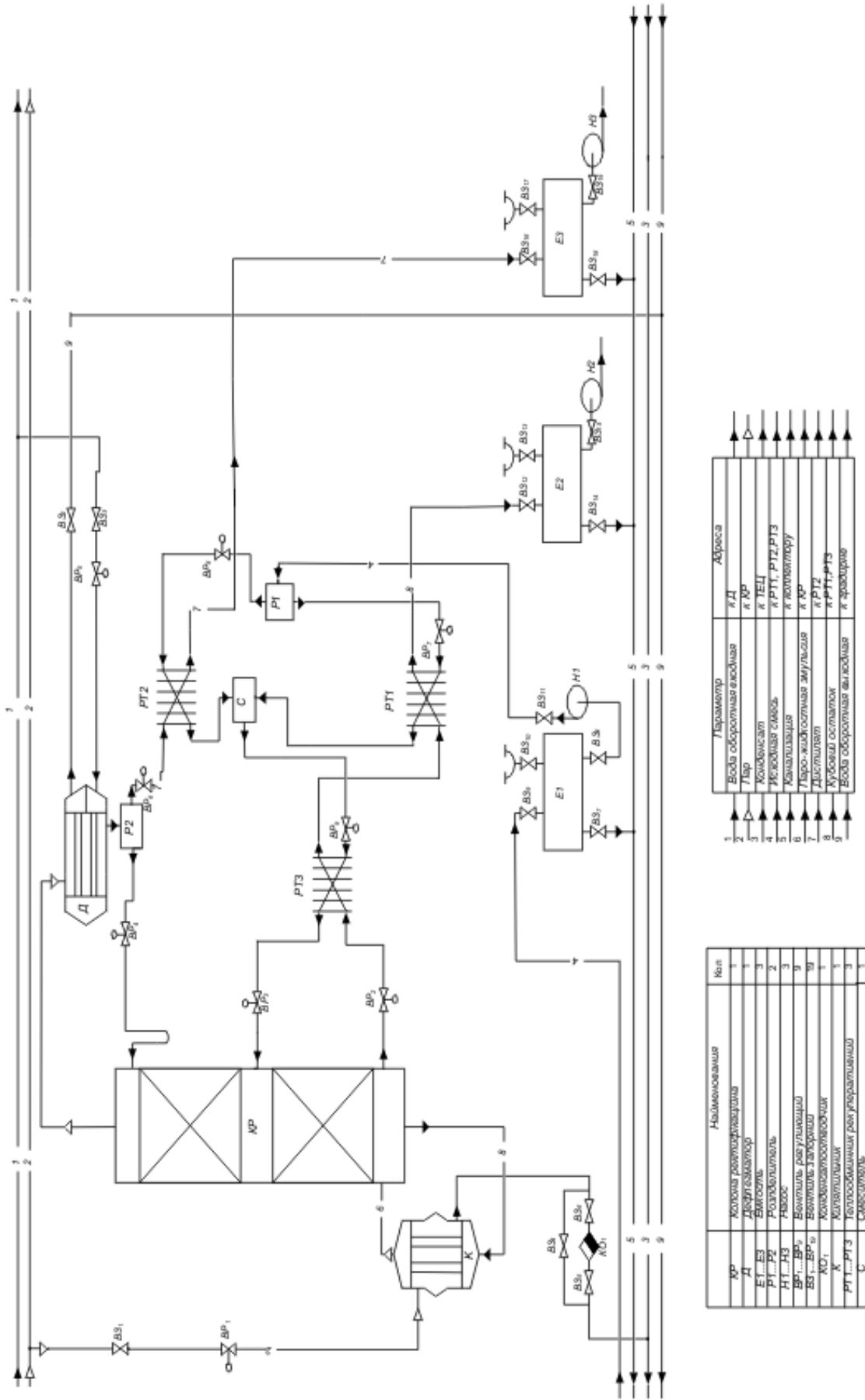
Н – нагреватель; С1, С2 – охладители, 1-3–рекуперационные теплообменники; 1 – холодный поток; 2-3 – горячие потоки; 1,2,3–теплообменники; Т–температура потока, °С; Q – тепловая нагрузка, кВт; ΔН – потоковая теплоёмкость, кВт; СР – потоковая теплоёмкость, кВт/°С. Как видим на схеме присутствует три рекуперативных теплообменника под номерами 1–3, которые полностью удовлетворяют тепловые нагрузки технологических потоков и доводят их практически до целевых температур. Также в схеме изображены утилитные теплообменники на потоке 1 находятся горячий, а на потоках 2 и 3 – по одному холодному, но как видим их мощность не значительна, а погрешность в один градус Цельсия является допустимой, поэтому утилитами в дальнейшем можно пренебречь и не производить их установку.

Новая технологическая схема. На основе новой сеточной диаграммы технологических потоков и теплообменной системы была спроектирована новая технологическая схема процесса ректификации смеси этанол-вода, которая представлена на рис.3. В новой технологической схеме были убраны кожухотрубчатые теплообменники и использованы новые более эффективные разборные пластинчатые, с большим коэффициентом теплопередачи.

Срок окупаемости. Основной показатель экономической эффективности разработанной пинч системы – срок окупаемости капитальных затрат, который показывает за сколько лет разовые капитальные вложения окупятся за счет ежегодного прироста чистой прибыли предприятия представлен вместе с другими показателями в табл.

Таблица. Основные технико-экономические показатели

Название величины	Величина
Затраты на проектирование, Z_p , грн.	82794
Общая стоимость оборудования, $Z_{об}$, грн.	215091
Общая сумма капитальных затрат, К, грн.	297885
Общая сумма годовых расходов по эксплуатации, $Z_{екс}$, грн.	76946
Годовая экономия, ΔS, грн.	1922195
Годовой прирост балансовой прибыли, ΔП _{рб} , грн.	1845249
Годовой прирост чистой прибыли, ΔП _{рч} , грн.	1383936
Срок окупаемости, T _{ок} , років.	0,2
Коэффициент эффективности капитальных вложений, E, грн./грн.	4,65



№ п/п	Наименование	№ п/п	Параметр	Адреса
1	Колонна ректификационная	1	Вода оборотная в/любая	к Д
2	Дезагрегатор	2	Газ	к КР
3	Валополь	3	Кольчатка	к ТЕД
4	Розагрегатель	4	Уксусная смесь	к РТ1, РТ2, РТ3
5	Равное	5	Канализация	к котельную
6	Вентиль регулирующий	6	Газо-жидкостная эмульсия	к КР
7	Вентиль тапировый	7	Дистиллят	к РТ2
8	Колодезь насосный	8	Мушкет остывший	к РТ1, РТ3
9	Котельная	9	Вода оборотная в/любая	к аэрацию

№ п/п	Наименование	№ п/п
1	Колонна ректификационная	1
2	Дезагрегатор	2
3	Валополь	3
4	Розагрегатель	4
5	Равное	5
6	Вентиль регулирующий	6
7	Вентиль тапировый	7
8	Колодезь насосный	8
9	Котельная	9
10	Теплообменник рекуперативный	10
11	Смеситель	11

Рис. 3. Оптимизированная энерго-технологическая схема ректификации смеси этанол-вода

Вывод на основе технико-экономических показаний показывает: полученные значения технико-экономических показателей говорят о том, что внедрение пинч-интеграции в технологическом процессе – экономически целесообразно.

Заключение. Данная статья была посвящена тепловой интеграции процесса ректификации смеси этанол-вода. Был проведен анализ существующей схемы ректификации, который показал отсутствие рекуперации в тепловых потоках. С помощью методов пинч-анализа была спроектирована новая технологическая схема процесса ректификации, которая способствует увеличению рекуперации тепловой энергии и отказу от утилит. Экономический расчет процесса показал, что его внедрение принесет 1,38 млн грн. прибыли в год, а срок окупаемости 0,2 года.

Список литературы: 1. Муромцев Д.Ю., Погонин В.А. Системы энергосберегающего управления: Уч. пос. Тамбов: гос. техн. ун-т, 2006. – 92 с. 2. Смит Р., Клемеш Й., Товажнянский Л.Л., Капустенко П.А., Ульев Л.М., Основы интеграции тепловых процессов, авт. – Х.: ХГПУ, 2000. – С. 457. 3. Ebrahim M. «Pinch technology: an efficient tool for chemical-plant energy and capital-cost saving» Applied Energy 65, 2000, 45–40. 4. Коновалов В.И., Т. Кудра Т., Пахомов А.Н., Орлов А.Ю. Современные аналитические подходы к энергосбережению. Интегрированный подход. Пинч-анализ. Луковичная модель Вестник Тамбовского государственного технического университета, 14 (2008), 3, с. 560. 5. Smith R., Linnhoff B., the Design of Saparators in the Context of Overall Processes //Trans Ichem E. ChERD, 1988. – P. 195.

Поступила в редколлегию 21.09.13

УДК 66.048.3:62-73

Пинч-интеграция процесса ректификации смеси этанол-вода / Ульев Л.М., Грицай С.В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х.: НТУ «ХПІ». – 2013. – № 55 (1028). – С. 92–97. Бібліогр. 5 назв.

Дана стаття присвячена можливій тепловій інтеграції в процесі ректифікації суміші етанол-вода. Зроблено аналіз сіткової діаграми процесу, побудована нова сіткова діаграма і запропонована нова технологічна схема процесу з реконструкцією теплообмінної системи за допомогою методів пінч-аналізу. В результаті впровадження запропонованого проекту від споживання теплової енергії і охолоджуючої води можливо повністю відмовитися. Термін окупності проекту складе 3 місяці.

Ключові слова: теплова інтеграція, ректифікація, сіткова діаграма, пінч.

This article focuses on the possible integration of the heat in the process of rectification of ethanol-water. Was made the analysis of grid chart of the process, built a new grid diagram and a new technological scheme of the reconstruction of the heat exchange system using the methods of pinch analysis. As a result of the proposed project from the consumption of thermal energy and cooling water may completely refuse. The payback period is 3 months.

Keywords: thermal integration, rectification, grid diagram, pinch.