

Ульєв Л.М., Нечипоренко Д.Д.

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ИНТЕГРАЦИЯ БЛОКА ГИДРООЧИСТКИ СЫРЬЯ УСТАНОВКИ Л-35-11/600

Введение

Украина относится к странам, лишь частично обеспеченным традиционными видами первичных энергоресурсов. Энергетическая зависимость страны от поставок органического топлива составляет около 65 %, в то время как в странах ЕС этот показатель равен в среднем 51 %. Уровню энергозависимости Украины примерно соответствуют такие развитые страны Европы, как Германия – 61,4 % и Австрия – 64,7 %.

На протяжении 2005 года цены на нефть на мировом рынке испытывали значительные колебания, в основном в сторону повышения. За 2005 год экспортная цена нефти выросла почти на 36 % (с 295 до 400 долл. за тонну). Цены на российскую нефть, поступающую на переработку в Украину, выросли за этот период почти на 70 % [1].

Новая стратегия развития энергетики, разработанная на период до 2030 года, состоит в уменьшении доли потребления газа и нефтепродуктов на электростанциях и приоритетном развитии угольной и атомной энергетики. Важная роль в этом документе отведена развитию гидроэнергетики, использованию альтернативных источников энергии и шахтного метана, который, по приблизительным расчётам, в шахтах Донбасса имеется в количествах 12 триллионов м³, но на данный момент просто расточительно выкидывается в атмосферу. Неотъемлемой частью новой концепции также является внедрение энергосберегающих и ресурсосберегающих технологий. Последние будут внедряться на ТЭС путём замены старого, почти полностью изношенного оборудования, оставшегося с советских времён.

На первоначальном этапе разработки методологии создания ресурсосберегающих химико-технологических систем были предложены методы синтеза рекуперативных тепловых систем. Одним из наиболее известных методов синтеза оптимальных рекуперативных тепловых систем является пинч-метод с использованием составных тепловых кривых.

Литературные данные, опубликованные в различных источниках, говорят о том, что при использовании методов пинч-анализа, можно сократить энергопотребление на предприятия практически в 2 раза [2].

Ранее, в работе [3], было начато решение проблемы по энергосбережению на блоке гидроочистки сырья установки Л-35-11/600. Были выявлены недостатки существующей теплообменной системы, которые приводят к увеличению энергопотребления. Определено оптимальное значение минимальной разности температур между теплоносителями на теплообменном оборудовании процесса [4] $\Delta T_{\min} = 8 \text{ }^\circ\text{C}$. Построение составных кривых для существующего процесса и оптимального значения ΔT_{\min} показывает, что энергосберегающий потенциал процесса равен 2,39 МВт, что составляет 48 % от существующей в настоящее время мощности холодных утилит и 42 % от мощности горячих утилит. Соответственно мощность рекуперации тепловой энергии увеличится с 12,21 МВт до 14,2 МВт.

Теплоэнергетическая интеграция.

В работе [3] была получена сеточная диаграмма блока гидроочистки сырья существующего процесса (рис. 1) и определены технологические потоки доступные для теплоэнергетической интеграции. Найдены технологические данные этих потоков, которые представлены в потоковой таблице 1.

Для того чтобы синтезировать интегрированную систему теплообмена рассматриваемых процессов построим сеточную диаграмму технологических потоков с указанием локализации пинча [6].

На рисунке 2 представлена сеточная диаграмма для проекта реконструкции теплообменной сети. Тепловая интеграция выполняется для двух энергетически независимых независимых подсистем ниже и выше пинча [7]. В подсхеме выше пинча холодные потоки находятся в тепловом балансе с горячими потоками и горячими утилитами. Аналогично, в системе ниже точки пинча горячие потоки находятся в тепловом балансе с холодными потоками и холодными утилитами.

Для выполнения теплового баланса выше и ниже точки пинча, который соответствует составным кривым, горячие потоки должны быть приведены к целевой температуре за счет теплообмена с холодными потоками. Для того, чтобы довести горячий поток №1 (нестабильный гидрогенизат из Р-1) до целевой температуры, потребуется три теплообменных аппарата. Кожухотрубчатый теплообменник Т-1/1 оставляем без изменений, а два последующих теплообменника заменяем на паяные пластинчатые теплообменные аппараты, где в теплообменнике Т-1/2 охлаждение происходит за счёт потока №8 (горячая струя К-1), а в теплообменнике Т-1/3 за счёт потока №5 (сырьё гидроочистки). Такая расстановка теплообменных аппаратов позволяет исключить из схемы холодильники ХВО-101/1,2 и ХВО-201/1,2, распо-

ЕНЕРГЕТИКА ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЇ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ложенные после теплообменных аппаратов, которые раньше использовались для доведения потока №1 до целевой температуры.

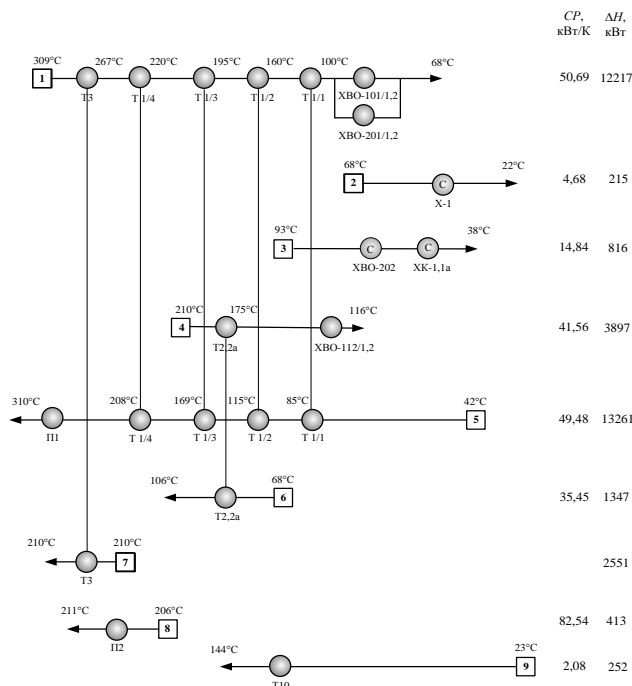


Рисунок 1 – Существующая в настоящее время система теплообмена блока гидроочистки сырья установки Л-35-11/600

1–4 – горячие потоки; 5–9 – холодные потоки; CP – потоковая теплоемкость; ΔH – тепловые нагрузки для каждого потока

Таблица 1 – Система потоков для анализа энергопотребления блока гидроочистки сырья установки Л-35-11/600

	Название потока	тип	$T_s, ^\circ\text{C}$	$T_T, ^\circ\text{C}$	$G, \text{т/ч}$	$r, \text{кДж/кг}$	$CP, \text{кВт/К}$	$\Delta H, \text{кВт}$	$\alpha, \text{кВт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$
1	Нестабильный гидрогенизат из Р-1	гор	309	250	56,224		59,33	3500,71	0,28
			250	200	56,224		54,11	2705,48	0,28
			200	150	56,224		49,43	2471,50	0,28
			150	100	56,224		44,67	2233,36	0,28
			100	68	56,224		40,81	1305,85	0,28
2	Газ из С-1	гор	68	22	6,684		4,68	215,22	0,06
3.1	Охлаждение паров К-1	гор	93	50	13,91		9,74	418,69	0,02
3.2	Конденсация паров К-1	гор	50	50	13,91	75		289,79	1
3.3	Охлаждение конденсата пара К-1	гор	50	38	13,91		8,97	107,66	0,4
4	Стабильный гидрогенизат из К-1	гор	210	150	46,771		44,26	2655,43	0,1
			150	116	46,771		36,51	1241,26	0,1
5	Сырье гидроочистки	хол	42	100	56,224		39,58	2295,46	0,28
			100	150	56,224		44,65	2232,61	0,28
			150	200	56,224		49,40	2470,09	0,28
			200	250	56,224		54,07	2703,41	0,28
			250	310	56,224		59,33	3559,59	0,28
6	Загрузка К-1	хол	68	106	49,95		35,45	1346,93	0,1
7	Ребойлер К-1	хол	210	210	34,018	75		2551,37	0,12
8	Горячая струя К-1	хол	206	211	81,697		82,54	412,68	0,6
9	Газ к печам	хол	23	144	2,9764		2,08	252,10	0,06

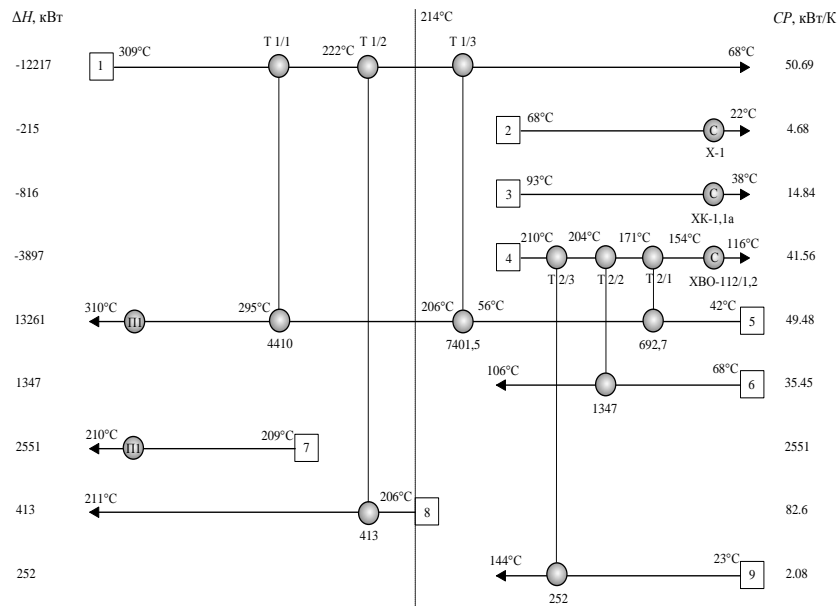


Рисунок 2 – Сеточная диаграмма предлагаемой сети теплообмена блока гидроочистки сырья установки Л-35-11/600

1 – 4 – горячие потоки; 5 – 9 – холодные потоки; CP – потоковая теплоемкость;
 $\square H$ – тепловые нагрузки для каждого потока

Для доведения до целевой температуры горячего потока №4 (стабильный гидрогенизат из К-1) вместо теплообменников Т-2, Т-2а используем кожухотрубчатые теплообменные аппараты Т-2/3 (охлаждение за счёт потока №9), Т-2/2 (охлаждение за счёт потока №6) и Т-2/1 (охлаждение за счёт потока №5).

Также исключаем из схемы одну из печей П-2, в которой ранее догревался до целевой температуры поток №8 (горячая струя К-1), теперь этот поток догревается за счёт потока №1.

Краткие характеристики рекуперативных теплообменных аппаратов для системы теплообмена представлены в таблице 2. Утилитный теплообмен в разработанной теплообменной системе осуществляется в существующих аппаратах. Потребление горячих утилит составляет 3,3 МВт, а холодных – 2,6 МВт.

Таблица 2 – Основные технические характеристики теплообменных аппаратов

№	Горячий поток			Холодный поток			Количество, шт	Q , кВт	S , м ²
	№	$T_{вх}$	$T_{вых}$	№	$T_{вх}$	$T_{вых}$			
Т-1/2	1	222	214	8	206	211	1	413	41,9
Т-1/3	1	214	68	5	56	206	4	7401,5	329,5

Благодаря расчету точки пинча и построению диаграммы составных кривых существующего процесса и интегрированного процесса, можно создать проект реконструкции блока гидроочистки сырья технологической схемы установки Энерготехнологическая схема блока гидроочистки сырья технологической схемы установки Л-35-11/600 после реконструкции представлена на рисунке 3.

Наглядно рассмотреть энергопотенциал реконструированной энерготехнологической схемы и возможную экономию энергии можно с помощью таблицы 3.

Общая сумма капитальных затрат на проект составляет 270285 долл. США/год, срок окупаемости данного проекта составляет приблизительно 7 месяцев.

Заключение

В результате применения пинч-методов получена новая система теплообмена и представлена работоспособная, экономически выгодная энерготехнологическая схема блока гидроочистки сырья технологической схемы установки Л-35-11/600. Получена сравнительная характеристика существующего процесса гидроочистки сырья и интегрированного процесса. Внедрение данной реконструированной схемы позволит снизить удельное энергопотребление горячих утилит на 2383 кВт, а холодных – на 2615 кВт, что составляет 48 % по горячим утилитами и 52 % по холодным утилитами. Показано, что экономический по-

тенциал энергосбережения, доступный после интеграции процесса, равен 703528 долл. США. Срок окупаемости предложенного проекта реконструкции составляет приблизительно 7 месяцев.

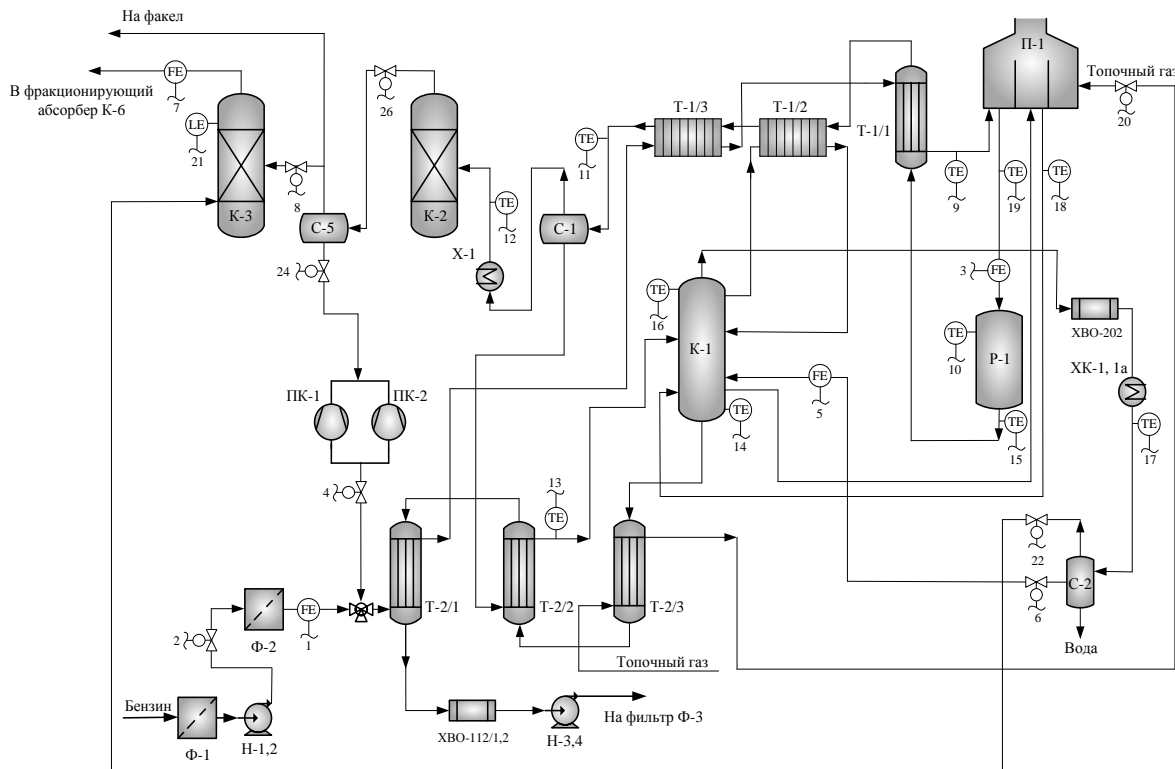


Рисунок 3 – Блок гидроочистки сырья технологической схемы установки Л-35-11/600 для тепловой интеграции. К-1 – отпарная колонна; К-2 – абсорбер очистки циркулирующего газа гидроочистки; К-3 – абсорбер очистки углеводородного газа; Н – насосы П-1 – печь риформинга и гидроочистки; ПК – компрессоры; Р-1 – реактор гидроочистки; С – сепараторы; Т-1/1, Т-2/1 – Т-2/3 – кожухотрубчатые теплообменники; Т-1/2 – Т-1/3 – пластинчатые теплообменники; Х – кожухотрубчатые холодильники ХВО – холодильники воздушного охлаждения; ХК – кожухотрубчатые конденсаторы; Ф – фильтры, Е – емкости

Таблица 3 – Энергопотребление и рекуперация системы теплообмена, которая существует, и системы теплообмена в проекте, которая предлагается

	ΔT_{\min}	Горячие утилиты, МВт	Холодные утилиты, МВт	Рекуперация, МВт	Затраты на энергию, долл.США/год
Существующий процесс	55	5,68	4,99	12,21	1659833
Интегрированный процесс	8	3,3	2,6	14,2	956305
Экономия		2,38	2,39	1,99	703528

Литература

1. Блеск и нищета энергосбережения в Украине [Электронный ресурс] / В. Степаненко // Официальный сайт научно-экспертного совета при рабочей группе Совета Федерации по мониторингу практики применения Федерального закона от 23 ноября 2009 года № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» и подготовке предложений по совершенствованию законодательства в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности – 2011. – Режим доступа: www.energy2020.ru.
2. Товажнянский Л.Л. Интеграция теплоэнергетических процессов в промышленности / Л.Л. Товажнянский, П.А. Капустенко, Л.М. Ульев, К.П. Кусаков // Проблемы экологии и эксплуатации объектов

энергетики. XIII конференция стран СНГ с международным участием. Труды конференции. Севастополь. 14–18 июля 2003 г. Киев. – 2003. – с. 116–120.

3. Ульєв Л.М., Нечипоренко Д.Д. Энергосберегающий потенциал процесса гидроочистки на установке каталитического риформинга / Л.М. Ульєв, Д.Д. Нечипоренко // Интегровані технології та енергозбереження. – 2011, – №2. – С. 20–28.

4. Основы интеграции тепловых процессов / [Р. Смит, Й. Клемеш, Л. Л. Товажнянский, П. А. Капустенко, Л. М. Ульєв]. – Харьков: ХГПУ, 2000. – 457 с.

5. Мешалкин В.П. Основы энергоресурсоэффективных экологически безопасных технологий нефтепереработки / Мешалкин В.П., Товажнянский Л.Л., Капустенко П.А. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2011. – 616 с.

6. Nordman R. New process integration methods for heat – saving retrofit projects in industrial systems. Thesis for the degree of doctor of philosophy. Chalmers University of Technology / Roger Nordman. – Goteborg, Sweden, – 2005. – 77 p.

7. Интеграция тепловых процессов на установке первичной переработки нефти АВТ А12/2 при работе в зимнее время / Л.Л. Товажнянский, П.А. Капустенко, Л.М. Ульєв [и др.] // Теорет. основы хим. технологии. – 2009. –Т. 43, –№6. –С. 665–676.

УДК 658.26:665.63:338.45

Ульєв Л.М., Нечипоренко Д.Д.

ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНА ІНТЕГРАЦІЯ БЛОКУ ГІДРООЧИЩЕННЯ СИРОВИНИ УСТАНОВКИ Л-35-11/600

В результаті застосування пінч-методів отримана нова система теплообміну і представлена працездатна, економічно вигідна енерготехнологічна схема блоку гідроочищення сировини технологічної схеми установки Л-35-11/600. Отримано порівняльну характеристику існуючого процесу гідроочищення сировини та інтегрованого процесу. Впровадження даної реконструйованої схеми дозволить знизити питоме енергоспоживання гарячих утиліт на 2383 кВт, а холодних – на 2615 кВт, що становить 58 % за гарячими утилітами та 52 % за холодними утилітам. Показано, що економічний потенціал енергозбереження, доступний після інтеграції процесу, дорівнює 703528 дол США. Термін окупності запропонованого проекту реконструкції складає приблизно 7 місяців.

Ulyev L.M., Nechiporenko D.D.

PROCESS INTEGRATION OF RAW MATERIAL HYDROTREATING SECTION FOR AROMATIC PLANT L-35-11/600

As a result of the pinch method is used to heat the new system and presented a workable, cost-effective energy technology block diagram of hydrotreating raw technological scheme of the installation L-35-11/600. Obtained a comparative analysis of existing hydrotreating process raw materials and integrated process. The introduction of this scheme would reduce the reconstructed energy intensity of hot utilities 2383 kW, and the cold – to 2615 kW, which accounts for 58 % of hot utilities and 52 % cold utilities. It is shown that the economic potential for energy savings available after the integration process is 703528 USD. The payback period of the proposed renovation project is approximately 7 months.