

Л.М. УЛЬЕВ, докт. техн. наук, НТУ «ХПИ»,

Е.В. ПОЛИВОДА, студентка, НТУ «ХПИ»

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ИНТЕГРАЦИЯ ГАЗОФРАКЦИОНИРУЮЩЕЙ УСТАНОВКИ

У роботі виконана пінч-інтеграція центральної газофракціонуючої установки, на якій відбувається розділення широкої фракції легких вуглеводнів (ШФЛВ). За допомогою методів пінч-проекування побудовано сіткову діаграму запропонованого проекту рекуперації теплової енергії. На базі сіткової діаграми системи рекуперації запропонована енерготехнологічна схема процесу розділення ШФЛВ, у якій збільшена потужність рекуперації теплової енергії більше, ніж в два рази

В работе выполнена пинч-интеграция центральной газофракционирующей установки, на которой происходит разделение широкой фракции легких углеводородов (ШФЛУ). С помощью методов пинч-проектирования построена сеточная диаграмма предложенного проекта рекуперации тепловой энергии. На основе сеточной диаграммы системы рекуперации предложена энерго-технологическая схема процесса разделения ШФЛУ, в которой увеличена мощность рекуперации тепловой энергии более, чем в два раза

Pinch-integration of the process by hydrocarbon wide spread separation at the central gas-fractionation plant was made in the paper. With the help of pinch-design methods was built the grid diagram for proposal heat energy recuperation system. Flowsheet for hydrocarbon wide spread separation was made on basis of grid diagram. This design allows increase of recuperation capacity more than two times

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научно-практическими заданиями. Энергия – необходимый элемент для живого организма, сообщества, а так же для любой химической и физической системы [1]. Для поднятия общего жизненного уровня населения планеты, достигнутого в разных странах, потребуется почти десятикратное увеличение энергетического производства, реально это невозможно из-за ограниченности и усложнения добычи основных энергоресурсов, а также из-за губительного воздействия энергетических объектов на окружающую среду. Поэтому необходим переход к деятельности, обеспечивающей уменьшение потребления энергии по отношению к валовому национальному продукту, и создание новых более эффективных способов получения энергии. В этом плане возможности химии велики. Первое направление, где химия может быть эффективной – разработка технологий, обеспечивающих уменьшение затрат энергии на производство еди-

ницы продукта. Второе – создание новых видов химического топлива, обеспечивающих энергетическую и экологическую эффективность, к примеру. Третье – новые эффективные технологии получения энергии, как с известными, так и с новыми энергоносителями. Одним из важных направлений ресурсосбережения в химической промышленности является энергосбережение.

Анализ исследований и публикаций. 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 [2–7], говорят о том, что при использовании методов пинч-анализа, можно сократить энергопотребление на предприятия практически в 2 раза.

Теплоэнергетическая интеграция.

Ранее, в работе [8], было начато решение проблемы по энергосбережению разделения широкой фракции легких углеводородов на центральной газофракционирующей установке. На рис. 1. представлена теплообменная система ЦГФУ существующего процесса. Поточковые данные технологических потоков представлены в таблице 1.

Внизу под размещениями теплообменных аппаратов показаны их тепловые нагрузки в кВт.

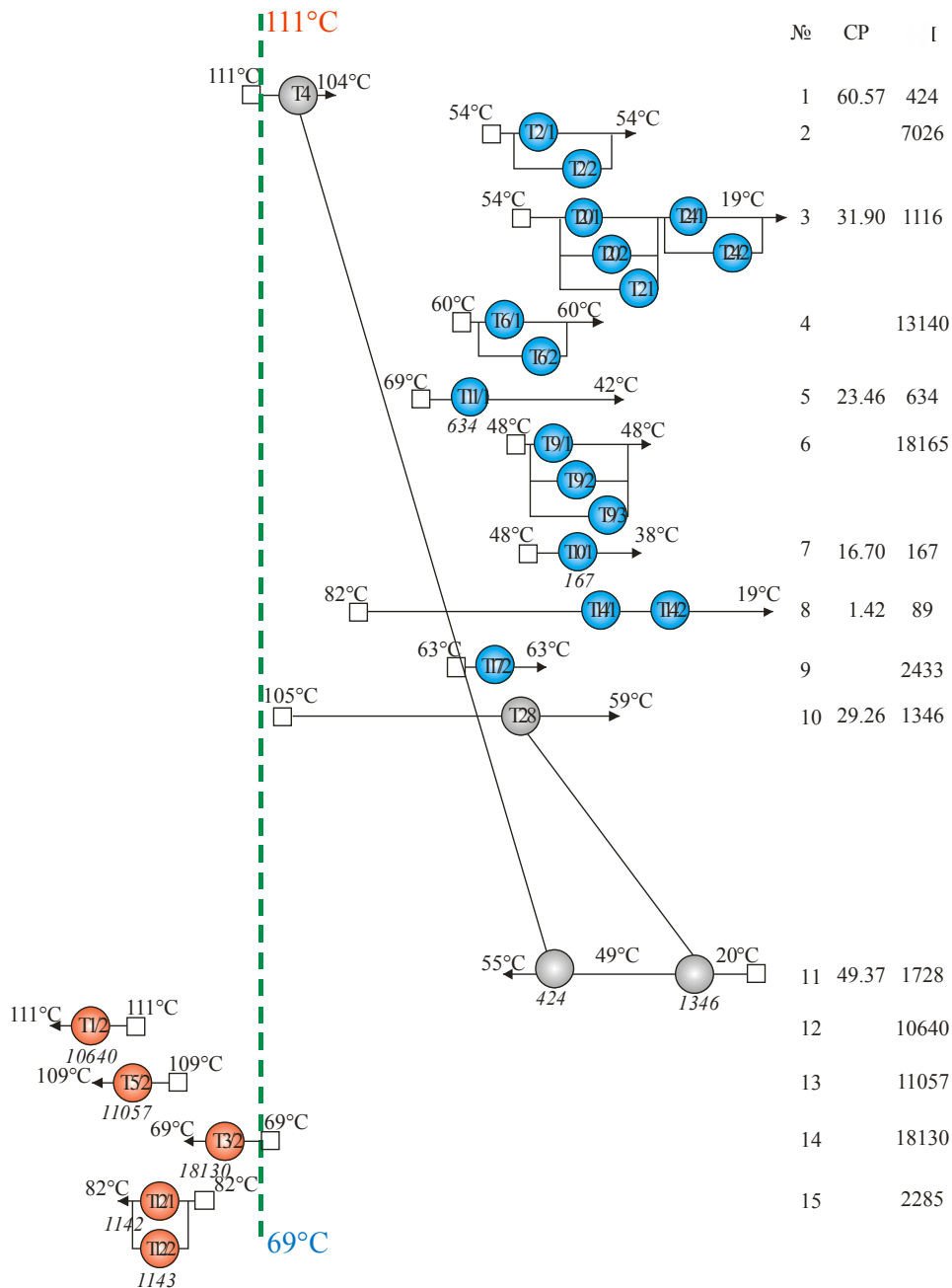


Рис. 1. Существующая в настоящее время система теплообмена на ЦГФУ:
 Т – теплообменные аппараты; штриховая линия – локализация пинч-температур;
 CP – потоковые теплоемкости, кВт/К; ΔH – изменение потокового теплосодержания, кВт

При достижении минимальной допустимой разности температур [3], которая равна $\Delta T_{\min} = 2^{\circ}\text{C}$, горячие утилиты приобрели значение, равное $Q_{\text{Hmin}} = 40,151 \text{ МВт}$, что на 4,7% меньше, чем процесс получает от утилитной системы в настоящее время. Холодные утилиты уменьшаться на 4,2% с $Q_{\text{Cmin}} = 42,812 \text{ МВт}$ до $Q_{\text{Cmin}} = 41,026 \text{ МВт}$.

Таблица 1

Потоковые данные технологических потоков

№	Название потока	Тип	T_S , °C	T_T , °C	G , т/ч	C , кДж/кг·К	r , кДж/кг	CP , кВт/К	ΔH , кВт
1	Кубовый остаток К1	гор	111	104	59,99	3,635		60,57	424
2	Конденсация паров К1	гор	54	54	92,15		274,5		7026
3	Охлаждение ЭПФ	гор	54	38	9,81	2,358		6,43	103
		гор	38	38	9,81		316,5		862
		гор	38	19	9,81	2,916		7,95	151
4	Конденсация паров К2	гор	60	60	153,20		308,8		13140
5	Бутановая фракция	гор	69	42	31,50	2,682		23,46	634
6	Конденсация паров К3	гор	48	48	216,90		301,5		18165
7	Изобутановая фракция	гор	48	38	23,05	2,609		16,70	167
8	Пентановая фракция	гор	82	19	2,12	2,407		1,42	89
9	Конденсация паров К4	гор	63	63	27,87		314,3		2433
10	Конденсат в Т-28	гор	105	59	38,45	4,190		44,75	2058
11	Исходная ШФЛУ	хол	20	55	69,80	2,547		49,37	1728
12	Подогрев К1	хол	111	111	175,30		218,5		10640
13	Подогрев К2	хол	109	109	143,10		278,2		11057
14	Подогрев К3	хол	69	69	207,60		314,4		18130
15	Подогрев К4	хол	82	82	25,02		328,8		2285

Для того чтобы синтезировать интегрированную систему теплообмена рассматриваемых процессов построим сеточную диаграмму технологических потоков с указанием локализации пинча. На рисунке 2 представлена сеточная диаграмма для проекта реконструкции теплообменной сети. Тепловая интеграция выполняется за счет создания двух независимых подсистем ниже и выше точки пинча.

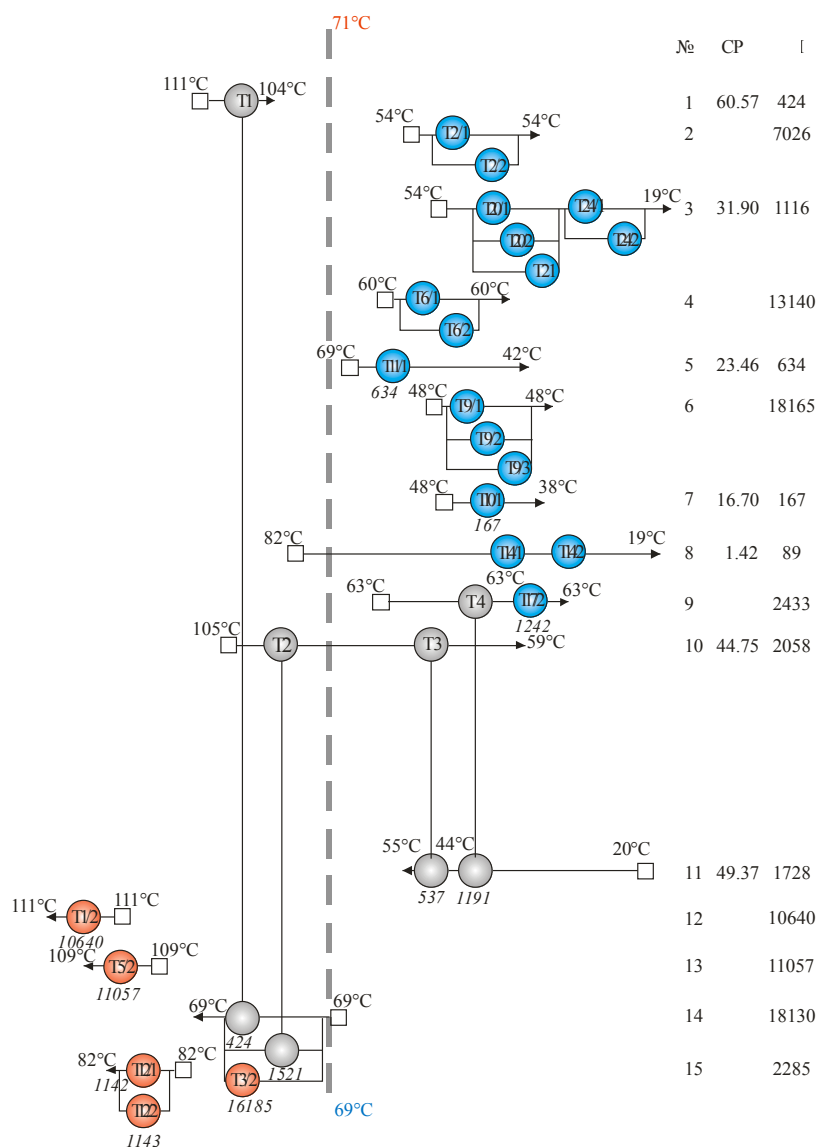


Рис. 2. Сеточная диаграмма предлагаемой сети теплообмена на ЦГФУ:

T – теплообменные аппараты; штриховая линия – локализация пинч-температур; CP – потоковые теплоемкости, кВт/К; ΔH – изменение потокового теплосодержания, кВт

Внизу под размещениями теплообменных аппаратов показаны их тепловые нагрузки в кВт. 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 точки пинча, который соответствует составным кривым, горячие потоки 1, 8, 10 должны быть приведены к их целевым температурам за счет теплообмена с холодными потоками. Поток №1 (кубовый остаток К1) охлаждается за счет холодного потока

№14 (подогрев К3) в теплообменнике Т1. Поток №10 (конденсат) должен быть приведен к его целевой температуре 71°C, которая является температурой точки пинча. Для этого потока, входящего в пинч, должно строго соблюдаться правило ΔT_{\min} . Поток №10 возможно привести к его целевой температуре только за счет теплообмена с потоком №14 (подогрев К3), в теплообменнике Т2. Поток №8 (пентановая фракция) также должен приводиться к его целевой температуре 71°C. Однако, потоковая теплоемкость этого потока составляет всего лишь 1,42 кВт/к.

Для охлаждения данного потока с 82°C до 71°C необходимо 15,62 кВт. Устанавливать теплообменник на столь малую нагрузку нецелесообразно, поскольку это увеличивает капитальные затраты без получения значительной экономии тепловой энергии. В результате охлаждения потока №8 только охлаждающей водой потребление горячих и холодных утилит увеличится на 15,62 кВт. Холодный поток №11 (исходная ШФЛУ) в досистеме ниже пинча приводится к его целевой температуре за счет нагрева горячим потоком №9 (конденсация паров К4) в теплообменнике Т4 и, затем, за счет нагрева потоком №10 (конденсат) в теплообменнике Т3. 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 40167 кВт, а холодных- 41026 кВт. Энерготехнологическая схема представлена на рисунке 3.

Таблица 2

Основные технические характеристики теплообменных аппаратов

№	Горячий поток			Холодный поток			ΔT_{\min}	Q, кВт	S, м ²
	№	T _{вх}	T _{вых}	№	T _{вх}	T _{вых}			
Т1	1	111	104	14	69	69	35	424	13,4
Т2	10	105	71	14	69	69	2	1521	120,0
Т3	10	71	59	11	44	55	2	537	26,6
Т4	9	63	63	11	20	44	19	1191	14,9
Всего:								3673	174,9

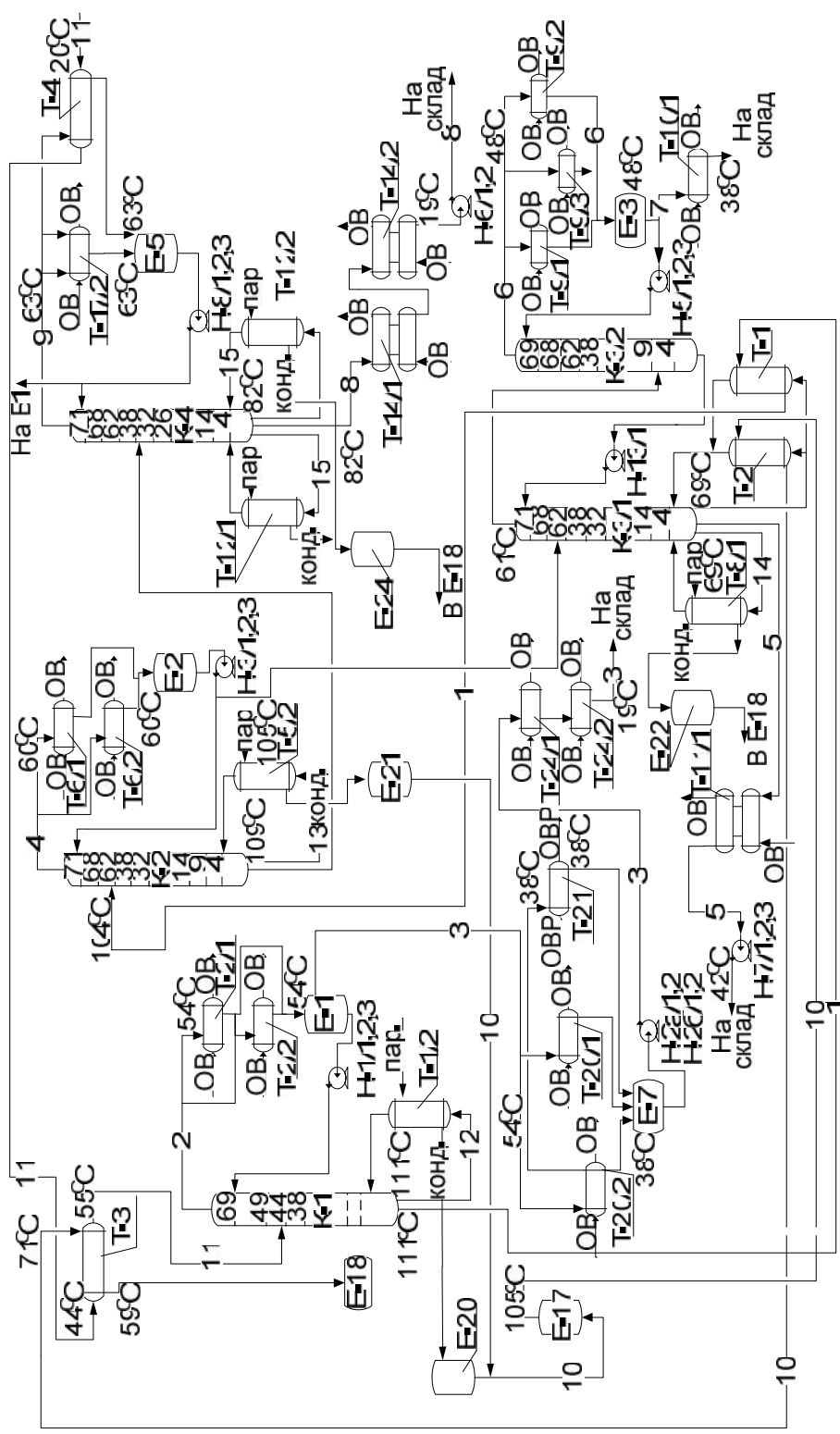


Рис. 3. Принципиальная энерготехнологическая схема для тепловой интеграции.

Цифры на колоннах указывают на номера тарелок; номера потоков указаны в соответствии с таблицей 2; Е – емкость;

К-1 – ректификационная колонна выделения этан-пропановой фракции; К-2 – колонна выделения изобутан-бутановой фракции; К-3/1 и К-3/2 – колонна выделения изобутан-бутановой фракции; К-4 – колонна выделения изопентан-пентановой фракции;

Н – насос; ОВ – охлаждающая вода; ОВР – охлаждающая вода речная; Т – теплообменные аппараты

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

Таблица 3.

Энергопотребление и рекуперация системы теплообмена

	ΔT_{\min}	Горячие утилиты, МВт	Холодные утилиты, МВт	Рекупера- ция, МВт	Затраты на энер- гию, долл. США/год
Существующий процесс	42	42,112	42,812	1,728	11729293
Интегрированный процесс	2	40,151	41,026	3,7	11429469
Экономия		1,961	1,786		299823

Используя полученные данные, можно рассчитать затраты на дополнительную теплообменную поверхность, которые приблизительно равны 307 тысячам долл. США. То есть, простой срок окупаемости проекта составляет приблизительно 0,6 года.

Выводы. В результате применения пинч-методов получена новая система теплообмена и представлена работоспособная, экономически выгодная энерготехнологическая схема. Получена сравнительная характеристика существующего процесса разделения ШФЛУ и интегрированного процесса. Показано, что экономический потенциал энергосбережения, доступный интеграции процессов, равен 299823 долл. США, что составляет приблизительно 3% стоимости энергии, потребляемой в процессе в настоящее время.

Список литературы: 1. Мешалкин В.П., Товажнянский Л.Л., Капустенко П.А. Основы теории ресурсосберегающих интегрированных химико-технологических систем. – Х.: НТУ «ХПИ», 2006. – С. 35-37. 2. Клемеш Й., Костенко Ю.Т., Товажнянский Л.Л., и др. Применение метода пинч-анализа для проектирования энергосберегающих установок нефтепереработки // ТОХТ.1999. Т. 33, №4. С. 420 – 431. 3. Смит Р., Клемеш Й., Товажнянский Л.Л. и др. Основы интеграции тепловых процессов. Харьков: ХГПУ. 2000. С. 457. 4. Huang F., Elshout R. Optimizing the Heat Recovery of Crude Units// Chemical Engineering Progress.1976. No. 6. P. 68–74. 5. Elshout R.V., Hohmann E.C.// Chemical Engineering Progress 1979. No. 3. P. 72–77. 6. Kesler M.G. // Hydrocarbon Processing. 1979. No. 7. P. 156-158. 7. Rev E., Fonyo Z. Synthesis of heat exchanger networks // Chem. Eng. Commun. 1982. Vol. 18. P. 97–106. 8. Ульев Л.М., Болдырев С.А., Поливода Е.В. Определение энергосберегающего потенциала разделения ШФЛУ на центральной газофракционирующей установке / Л.М. Ульев, С.А. Болдырев, Е.В. Поливода // ВІСНИК Національного технічного університету «ХПІ». – 2009, Випуск – 40. – С. 21–32.

Поступила в редколлегию 02.02.11