

УДК 658.26:665.63:338.45

*Л.М. УЛЬЕВ*, докт. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»,  
*Д.Д. НЕЧИПОРЕНКО*, аспирантка, НТУ «ХПИ»,  
*О.Ю. ВАЛЕНОВА*, студентка, НТУ «ХПИ»

## **ЭКСТРАКЦИЯ ДАННЫХ ПРОЦЕССА КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА НА УСТАНОВКЕ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ Л-35-11/600**

Цель данного проекта заключается в исследовании одного из блоков установки каталитического риформинга Л-35-11/600. Определены все технологические потоки, которые необходимы для интеграции процесса с помощью метода пинч-анализа. Построенная составная кривая выявила недостатки существующей теплообменной системы, которые приводят к увеличению энергопотребления

Метою даного проекту полягає в дослідженні одного з блоку установки каталітичного риформінгу Л-35-11/600. Визначенні всі технологічні потоки, які необхідні для інтеграції процесу з допомогою методу пінч-аналіз. Побудована складова крива виявила недоліки існуючої теплообмінної системи, які призводять до збільшення енергоспоживання

The aim of this project is to study one of the units of the catalytic reforming L-35-11/600. Identified all the technological streams that are needed for the integration process by using the method of pinch analysis. The constructed compound curve has revealed lacks existing теплообменной systems which lead to power consumption increase

**Постановка проблемы.** В настоящее время во всем мире и в Украине очень остро стоит вопрос энергосбережения и энергоэффективности во всех отраслях промышленности. Нефтяная и нефтехимическая отрасли промышленности Украины являются одними из наиболее энергоемких производств, и уровень энергозатрат в значительной степени влияет на себестоимость готовой продукции. Наиболее энергоемкими в вышеперечисленных отраслях промышленности являются процессы гидрокрекинга, каталитического крекинга и риформинга, коксования, производства масел [1]. Одним из способов решения этой задачи является разработка современных энергосберегающих технологий. В данной работе анализируется энергопотребление на установке каталитического риформинга Л-35-11/600.

**Основной материал исследования.** Рассматриваемая установка каталитического риформинга Л-35-11/600 предназначена для переработки

широкой фракции прямогонного бензина с температурой 85–180 °С методом каталитического риформирования с целью получения компонентов бензина с октановым числом по моторному методу 78-85 пунктов. Установка каталитического риформинга состоит из 4 основных отделений: блока гидроочистки сырья; блока каталитического риформинга; блока деэтанзации и стабилизации катализата; узла приготовления и подачи хлорорганики. Для снижения энергозатрат выбран самый современный метод реконструкции ХТС, суть которого заключается в увеличении рекуперации тепловой энергии в данном процессе. Для того чтобы выполнить пинч-проектирование установки целиком необходимо рассмотреть все блоки по отдельности [2]. В представленной работе более детально проведено обследование блока каталитического риформинга на установке Л-35-11/600 (рис. 1).

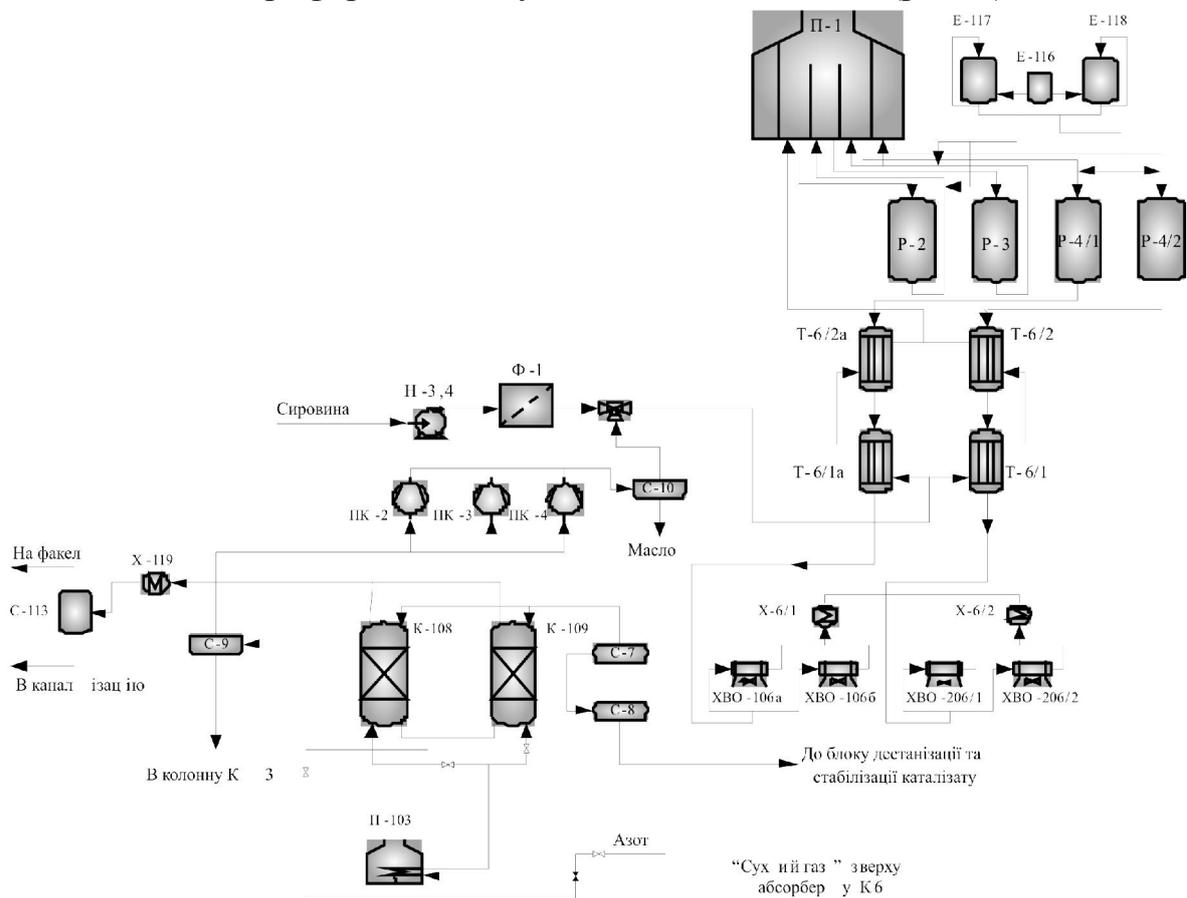


Рис. 1. Блок каталитического риформинга технологической схемы установки Л-35-11/600: Н – насосы; П-1 – печь риформинга и гидроочистки; К-108, К-109 – адсорберы, Р-2 – Р-4/2 – реактор каталитического риформинга; С – сепараторы; Т – 6/1, Т-6/2, Т6/1а, Т6/2а – кожухотрубчатые теплообменники; Х – кожухотрубчатые холодильники; ХВО – холодильники воздушного охлаждения; ХК – кожухотрубчатые конденсаторы; Ф – фильтры, Е – емкости

**Описание процесса и сбор необходимых данных.** В блоке каталитического риформинга установки Л-35-11/600 газосырьевая смесь поступает в реактор Р-2, в котором на платинорениевом катализаторе протекает реакция ароматизации сырья. Проектом предусмотрено проведение процесса каталитического риформинга в три ступени, для чего смесь последовательно поступает в реакторы Р-2,3,4/1,2. Так как реакция ароматизации на платинорениевом катализаторе протекает с поглощением тепла, то для поддержания заданного температурного режима предусмотрен межступенчатый нагрев в 2-3 секциях печи П-1. Из реакторов газопродуктовая смесь поступает в теплообменники, где отдает тепло газосырьевой смеси, а затем на охлаждение в холодильники. Используя данные технологического регламента и литературные и справочные данные, а также интервьюирование технологов и проектировщиков, были установлены параметры технологических потоков, которые могут быть включены в интеграцию.

1, 2. Продукт риформинга. Выходит двумя потоками из реакторов Р-4/1, Р-4/2, охлаждается и направляется в сепаратор С-7.  $t_{\text{нач}} = 482^{\circ}\text{C}$ ,  $t_{\text{кон}} = 31^{\circ}\text{C}$ , расход – 88 т/ч.

3. Сырье риформинга. Направляется из тройника смешения риформинга через группу теплообменников и печь П-1 в реактор Р-2.  $t_{\text{нач}} = 84^{\circ}\text{C}$ ,  $t_{\text{кон}} = 492^{\circ}\text{C}$ , расход – 88 т/ч.

4. Газожидкостная смесь в Р-3. Направляется из Р-2 через печь П-1 в реактор Р-3.  $t_{\text{нач}} = 441^{\circ}\text{C}$ ,  $t_{\text{кон}} = 492^{\circ}\text{C}$ , расход – 88 т/ч.

5. Газожидкостная смесь в Р-4/1. Направляется из Р-3 через печь П-1 в реактор Р-4/1.  $t_{\text{нач}} = 466^{\circ}\text{C}$ ,  $t_{\text{кон}} = 492^{\circ}\text{C}$ , расход – 44 т/ч.

6. Газожидкостная смесь в Р-4/2. Направляется из Р-3 через печь П-1 в реактор Р-4/2.  $t_{\text{нач}} = 466^{\circ}\text{C}$ ,  $t_{\text{кон}} = 492^{\circ}\text{C}$ , расход – 44 т/ч.

Оборотная вода. Охлаждающая вода оборотного цикла.  $t = 14-16^{\circ}\text{C}$ , расход – 1150 т/ч.

После изучения регламента, обследования реальной технологической схемы и определения потоков, которые будут использованы при тепловой интеграции процесса, была составлена таблица потоковых данных. В этой таблице представлены такие характеристики потоков как: начальная и конечная температуры, расход

потока, теплота парообразования, потоковая теплоемкость, тепловая нагрузка и коэф. теплоотдачи (таблица 1).

Таблица 1

Система потоков для анализа энергопотребления блока каталитического риформинга установки Л-35-11/600

№	Название потока	Тип	$T_s$ , °C	$T_T$ , °C	$G$ , т/ч	$CP$ , кВт/К	$\Delta H$ , кВт	$\alpha$ , кВт/( $m^2 \cdot K$ )
1	Продукт из Р-4/1	гор	482	400	44,186	46,86	3842,85	0,28
			400	300	44,186	42,58	4257,72	0,28
			300	200	44,186	37,90	3790,01	0,28
			200	100	44,186	33,23	3322,95	0,28
			100	31	44,186	29,26	2019,16	0,28
2	Продукт из Р-4/2	гор	482	400	44,186	46,86	3842,85	0,28
			400	300	44,186	42,58	4257,72	0,28
			300	200	44,186	37,90	3790,01	0,28
			200	100	44,186	33,23	3322,95	0,28
			100	44	44,186	29,57	1655,66	0,28
3	Сырье риформинга на Р-2	хол	84	100	88,371	64,30	1028,84	0,28
			100	200	88,371	70,25	7025,27	0,28
			200	300	88,371	80,57	8056,83	0,28
			300	400	88,371	90,88	9088,40	0,28
			400	492	88,371	100,77	9270,87	0,28
4	Сырье риформинга на Р-3	хол	441	492	88,371	102,85	5245,13	0,28
5	Сырье риформинга на Р-4/1	хол	466	492	44,186	52,07	1353,78	0,28
6	Сырье риформинга на Р-4/2	хол	466	492	44,186	52,07	1353,78	0,28

Составные кривые располагаются на температурно-энтальпийной диаграмме таким образом, чтобы мощность рекуперации составляла 21 МВт. По составным кривым определяем полезное минимальное значение горячих и холодных утилит, которое составляет –20,8 МВт для горячих утилит и 12,7 МВт для холодных утилит. Кроме всего прочего составные кривые позволяют определить  $\Delta T_{\min}$  для существующей системы теплообмена, которое в существующем проекте составляет 119 С.

На основании обследования технологической схемы была построена сеточная диаграмма (рис. 2). На сеточной диаграмме были определены теплообменные связи между технологическими потоками, а также была посчитана мощность рекуперации теплоты, которая составила 21МВт. [4–6].

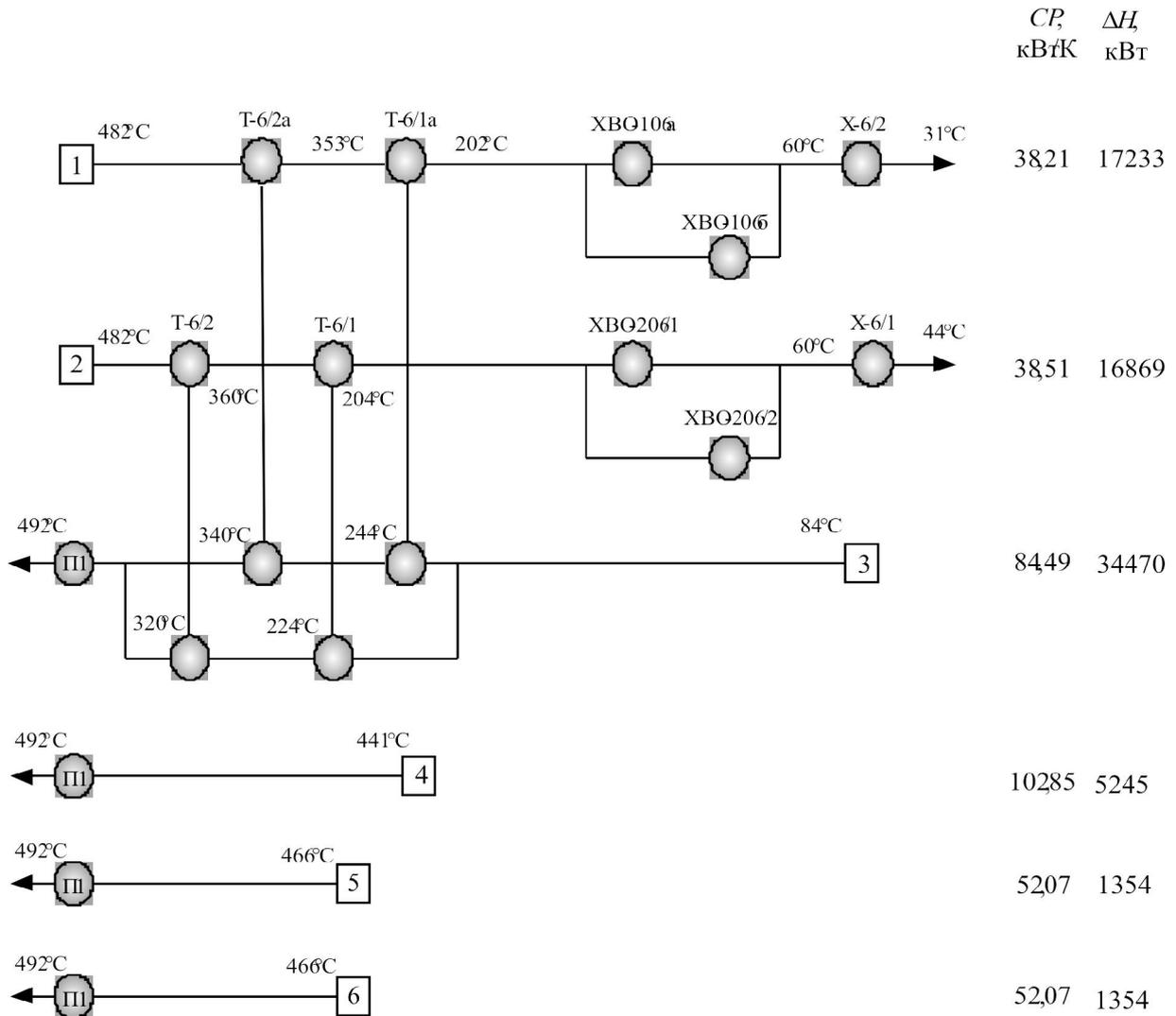


Рис. 2. Сеточная диаграмма существующего процесса: 1, 2 – горячие потоки; 3 – 6 – холодные потоки;  $CP$ – потоковая теплоемкость;  $\Delta H$  – тепловые нагрузки для каждого потока

С помощью таблицы потоковых данных в программном обеспечении «Hint» были построены составные кривые (рис. 3).

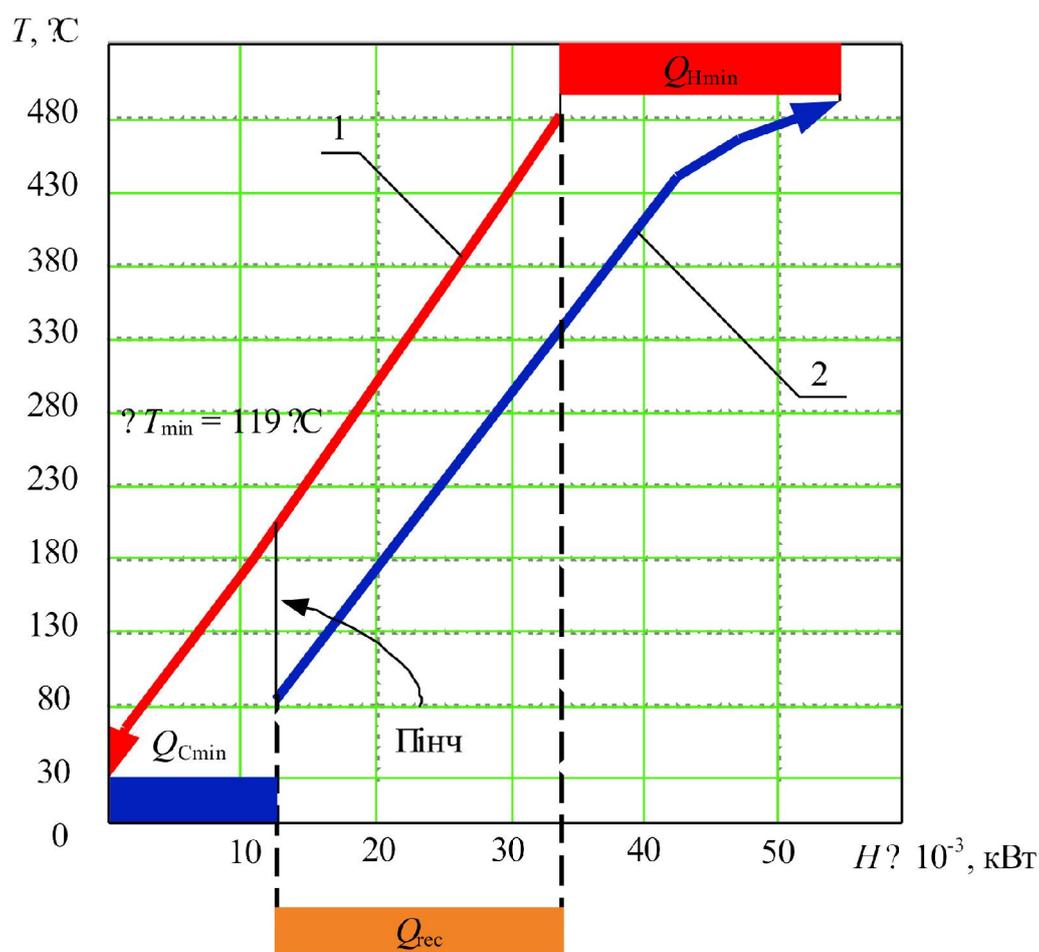


Рис. 3. Составные кривые существующего процесса каталитического риформинга: 1 – составная кривая горячих потоков; 2 – составная кривая холодных потоков;  $Q_{Hmin}$ ,  $Q_{Cmin}$ ,  $Q_{rec}$  – мощность горячих утилит, холодных утилит и мощность рекуперации.  $Q_{Hmin} = 20,8$  МВт,  $Q_{Cmin} = 12,7$  МВт,  $Q_{rec} = 21$  МВт

**Выводы.** Изучив процесс каталитического риформинга на установке переработки нефти Л-35-11/600 была составлена таблица потоковых данных, которая в дальнейшем послужит основой для интеграции существующего процесса. Также на основании обследования технологической схемы была построена сеточная диаграмма, были определены теплообменные связи между технологическими потоками. А также была посчитана мощность рекуперации теплоты, которая составила 21МВт для существующего процесса. Построенная составная кривая выявила недостатки существующей теплообменной системы, которые приводят к увеличению энергопотребления.

**Список литературы:** 1. *Леффер Уильям Л.* Переработка нефти. 2е изд., пересмотренное / Пер. с англ. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2004. – 224 с 2. *Смит Р.*,

Основы интеграции тепловых процессов / Смит Р, Клемеш Й., Товажнянский Л.Л. Харьков: ХГПУ. 2000. с. 457. **3.** *Tovazshneanski L.L.* Energy Integration of the Early Crude Oil Unit with Take Into Account Different regime / L.L. Tovazshneanski, P.A. Kapustenko, L.M. Ulyev, S.A. Boldyuev, M.V. Tarnovsky // Chemical Engineering Transaction. – 2005 – Vol. 7. – p. 103–108. **4.** *Товажнянский Л.Л.* Построение составных кривых технологических процессов для определения энергетической эффективности предприятий / Л.Л. Товажнянский, П.А. Капустенко, Л.М. Ульев, Б.Д. Зулин, Н.Д. Андрийчук // Материалы межд. научно-техн. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье», microCAD'96. Ч. 1. Харьков. – 1996. – с. 179. **5.** *Nordman R.* New process integration methods for heat – saving retrofit projects in industrial systems. Chalmers University of Technology. Goteborg, Sweden. – 2005. – 77 p. **6.** *Товажнянский Л.Л.* Алгоритм построения составных кривых технологических процессов для определения энергетической эффективности предприятий / Л.Л. Товажнянский, П.А. Капустенко, Л.М. Ульев, Б.Д. Зулин // Междунар. конф. «Математические методы в химии и химической технологии», ММХ-10. Тезисы докладов. Тула. – 1996. – с. 74-75.

*Поступила в редколлегию 01.03.12*