

УДК 658.26:665.63:338.45

*Л.М.УЛЬБЕВ*, докт. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»,  
*Д.Д. НЕЧИПОРЕНКО*, аспирант, НТУ «ХПИ»,  
*О.А. ЯЦЕНКО*, преп.-ст., НТУ «ХПИ»

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО ПОТЕНЦИАЛА ПРОЦЕССА ДЕЭТАНИЗАЦИИ И СТАБИЛИЗАЦИИ КАТАЛИЗАТА НА УСТАНОВКЕ Л-35-11/600**

Цель данного проекта заключается в том, чтобы уменьшить общие затраты на энергию и тем самым экономнее использовать энергоресурсы, что весьма существенно во времена роста цен на энергоносители. С помощью пинч-метода можно снизить потребление пара до 2107 кВт, а потребление мощности холодных утилит до 2105 кВт

Мета даного проекту полягає в тому, щоб зменшити загальні витрати на енергію і тим самим економічніше використовувати енергоресурси, що має велике значення у часи збільшення цін на енергоносії. За допомогою пінч-методу можливо знизити споживання пара до 2107 кВт, а споживання потужності холодних утиліт до 2105 кВт

The aim of this project was to reduce overall energy costs and thus more economical to use energy that matter very much in days of rising energy prices. With the pinch method we can reduce the consumption of steam up to 2107 kW, and power consumption of cold utilities to 2105 kW

**Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научно-практическими заданиями.** В настоящее время энергетическая ситуация в Украине критическая, прежде всего вследствие того, что обеспечение государства собственными ресурсами составляет около 37% [1]. Удельное энергопотребление промышленности Украины в 2-3 раза выше, чем в экономически развитых странах, что свидетельствует о наличие большого энергосберегающего потенциала предприятий.

Когда стоимость энергии резко возросла, и на Украине существует ее дефицит, вопрос экономии энергии для промышленных предприятий является крайне важным. Именно поэтому большинству украинских предприятий необходима реконструкция, а при строительстве новых – использование современных ресурсо- и энергосберегающих методов проектирования [2, 3].

Одним из таких методов является метод интеграции процессов и, в частности метод пинч-анализа [3]. Основной идеей пинч-анализа является поиск путей переноса теплоты от технологических потоков, которые не-

обходимо охладить (горячие потоки) к потокам которые нужно нагреть (холодные потоки) через теплообменную сеть, при этом максимизировав рекуперацию тепловой энергии.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Литературные данные, опубликованные в различных источниках [4–7], говорят, что применение пинч-анализа в среднем приводит к снижению удельного энергопотребления на 30–50% и значительно снижаются капитальные затраты при создании новых предприятий.

Поэтому применение методов теплоэнергетической интеграции практически на всех установках нефтеперерабатывающих заводах, построенных во времена относительно дешевых энергоносителей, приведет к значительному снижению удельного энергопотребления.

Так на установках первичной переработки нефти АВТ А12/2 производительностью 2млн. т. сырой нефти в год полезную нагрузку можно уменьшить с 50 МВт до 21 МВт. На установках АВТ А12/6 удельное потребление при пинч-реконструкции можно снизить на 65%. На установках АВТ-8 при производстве 5-6 млн. т. сырой нефти в год полезную тепловую нагрузку можно уменьшить на 22%. На установках каталитического крекинга удельное энергопотребление также можно уменьшить на 50%. Срок окупаемости проектов по реконструкции установок НПЗ, разработанных с использованием пинч-анализа, составит около 1 года.

**Постановка задачи.** Уменьшение удельных энергозатрат позитивно влияет не только на конкурентоспособность производителя, но и на окружающую среду вследствие уменьшения выбросов вредных веществ.

Поэтому в данной работе определяется энергосберегающий потенциал существующего процесса.

**Основной материал исследования.** Рассмотрев процесс деэтанализации и стабилизации катализата (рис.1) на установке каталитического риформинга Л-35-11/600 были найдены недостатки существующей теплообменной системы, которые приводят к увеличению потребления энергии [8].

Для снижения энергопотребления в ХТС необходимо уменьшение минимальной разности температур  $\Delta T_{\min}$  между теплоносителями в теплообменных аппаратах.

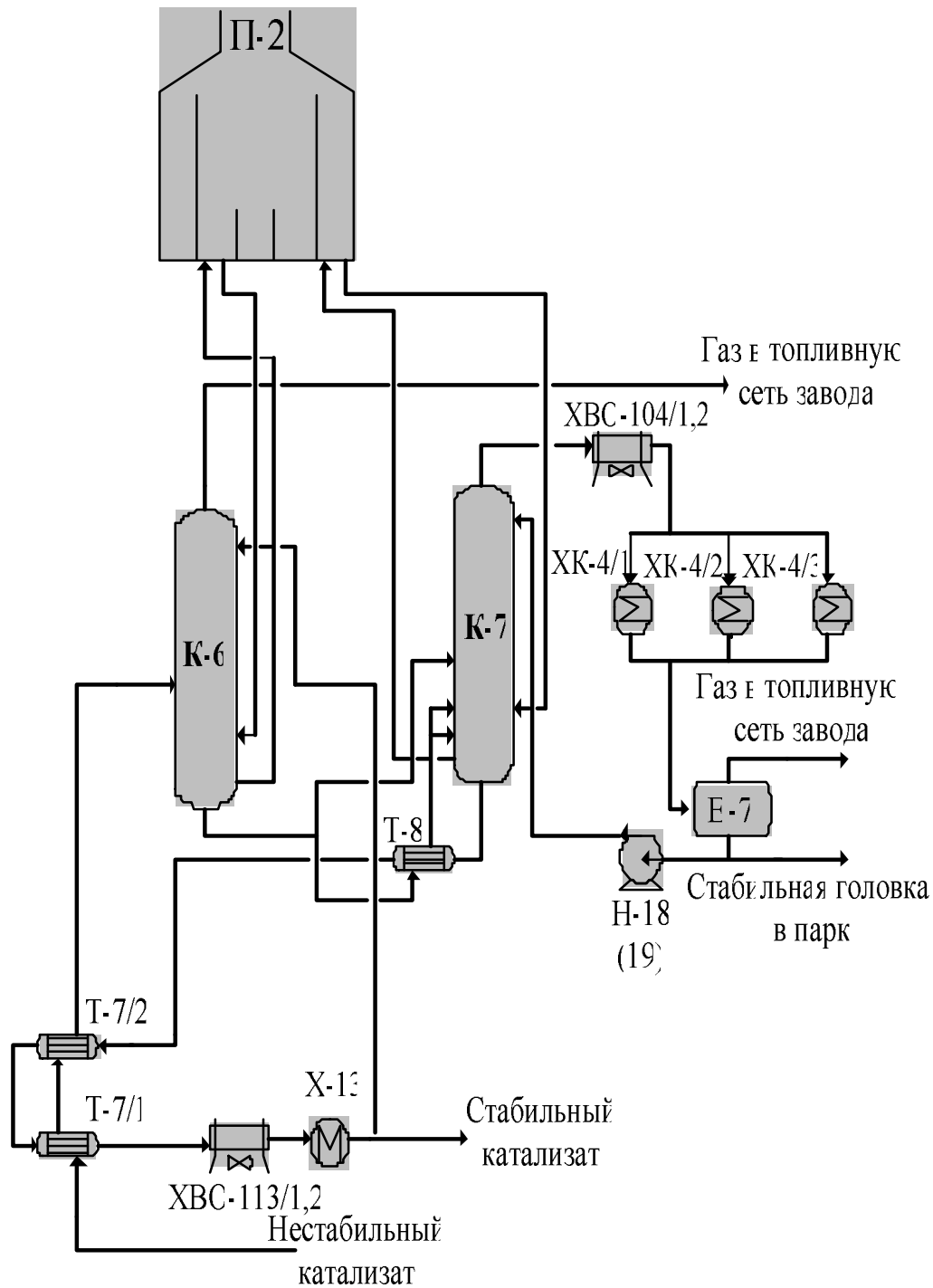


Рис. 1. Технологическая схема блока деэтанзации и стабилизации катализа установки Л-35-11/600: К-6 – фракционирующий абсорбер; К-7 – стабилизационная колонна; Н – насосы; П-2 – печь стабилизации и газофракционирования; Т-7/1,2 – Т-8 – кожухотрубчатые теплообменные аппараты; Х – кожухотрубчатые холодильные аппараты; ХВО – холодильные аппараты воздушного охлаждения; Е – емкости

Чтобы экономически оптимально интегрировать схему, необходимо определить наиболее важные экономические моменты.

Во-первых, внедрение проекта предприятие несет разовые вложения (капитальные), которые связаны, прежде всего, с закупкой оборудования и его монтажом.

Используя цены на теплообменное оборудование, полученное от его производителей, можно еще до внедрения проекта-реконструкции оценить их капиталовложения и срок окупаемости.

Капитальную стоимость одного теплообменного аппарата можно определить выражением [9]:

$$\text{Кап.стоимость} = A_T + B_T \cdot S^c$$

где  $A_T$  – стоимость установки одного теплообменного аппарата, для кожухотрубчатых теплообменных аппаратов  $A_T = 5000$  долл. США;  $B_T$  – коэффициент, эквивалентный стоимости  $1 \text{ м}^2$  площади поверхности теплообмена,  $B_T = 500$ ;  $S$  – площадь поверхности теплообмена;  $c$  – коэффициент, отражающий нелинейную зависимость стоимости теплообменника от величины его поверхности,  $c = 0,87$ .

Во-вторых, необходимо учесть затраты на энергию. Современные тенденции рынка энергоносителей говорят, что их стоимость будет возрастать.

Стоимость горячих утилит, использованных в процессе, примем равной 330 долл. США за 1 кВт год, с учетом того, что в году 8000 рабочих часов.

Стоимость холодных утилит принимаем на порядок меньшей, то есть 0,1 стоимости горячих утилит, что дает значения 33,0 долл. США за 1 кВт год.

Предположим, что для выполнения проекта-реконструкции предприятие берет в банке кредит на 5 лет под 10% годовых.

Оптимальные значения  $\Delta T_{\min}$  было получено с помощью программы «Hint» [10], кривые зависимости приведенной стоимости от  $\Delta T_{\min}$  представлены на рис. 2.

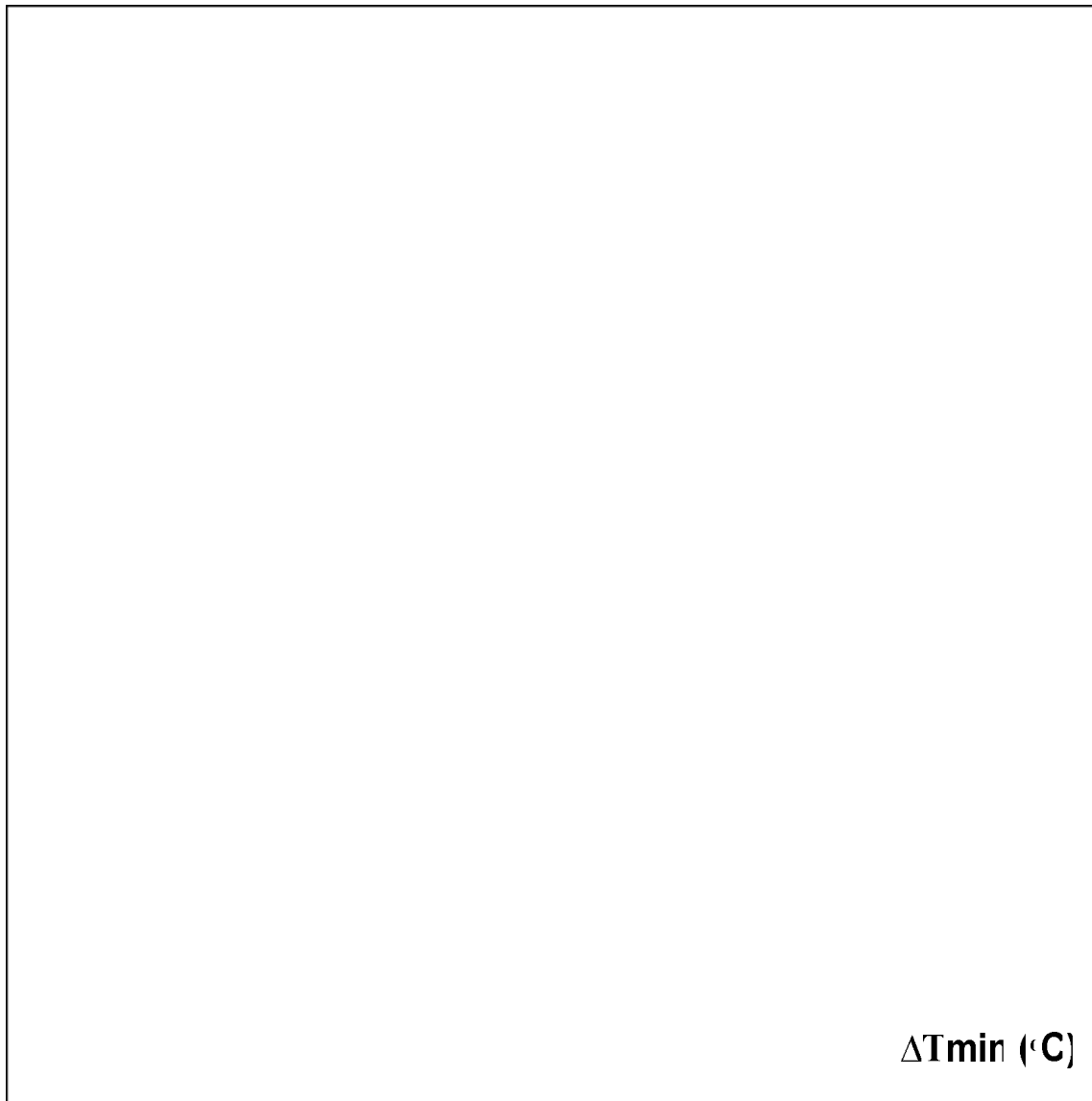


Рис. 2. Зависимость приведенной стоимости от  $\Delta T_{\min}$ : 1 – инвестиции в оборудование; 2 – энергия; 3 – общая стоимость.  $\Delta T_{\min, \text{opt}} \approx 8^\circ\text{C}$

Проанализировав область локализации  $\Delta T_{\min}$ , мы видим, что величина общей стоимости проекта составит около 1,15 млн. грн. и в диапазоне изменения  $\Delta T_{\min} \in 5...10^\circ\text{C}$  меняется незначительно (рис. 2). Это означает, что процесс деетанизации и стабилизации катализата, выполненный с системой теплообмена при  $\Delta T_{\min}$  выбранном из интервала  $5...10^\circ\text{C}$  будет работать в экономически оптимальном режиме.

Построим составные кривые для  $\Delta T_{\min} = 8^\circ\text{C}$  (рис. 3).

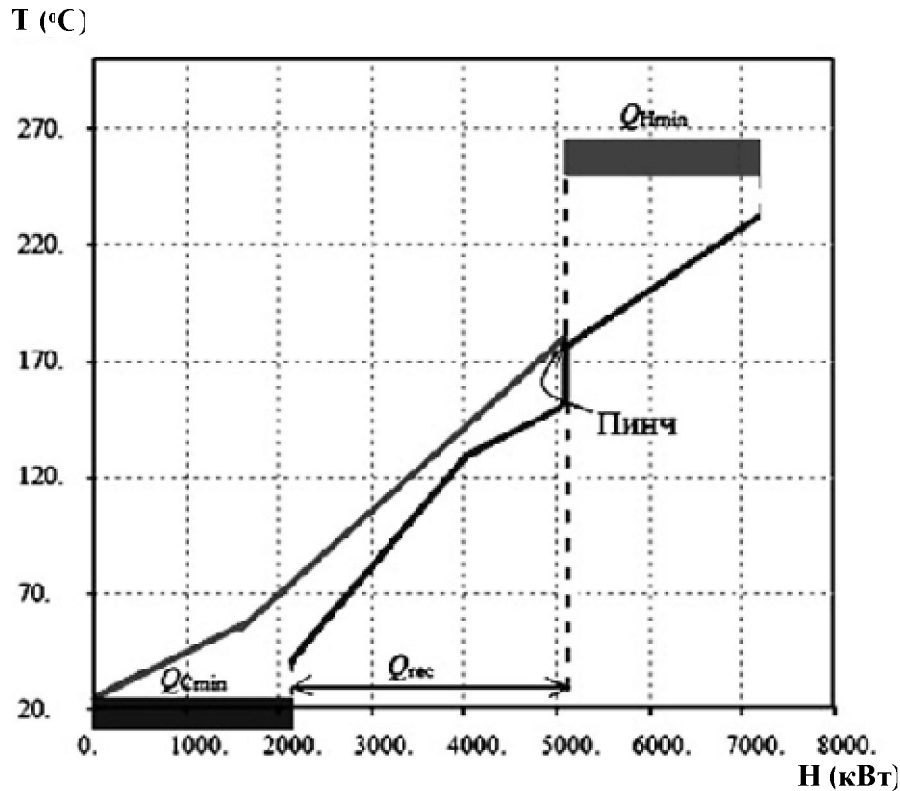


Рис. 3. Составные кривые процесса деэтанализации и стабилизации катализата, построенные для  $\Delta T_{\min} = 8 \text{ }^\circ\text{C}$ :  $Q_{H\min}$ ,  $Q_{C\min}$ ,  $Q_{\text{rec}}$  – потребляемая мощность горячих утилит, холодных утилит и мощность рекуперации

Мы видим, что пинч локализуется на температуре для горячих потоков, равной  $185^\circ\text{C}$ , и соответственно для холодных потоков –  $177^\circ\text{C}$ . Заметим, что количество горячих утилит  $Q_{H\min}$  составит 2107 кВт, по холодным  $Q_{C\min} = 2105$ кВт. Мощность рекуперации тепловой энергии при  $\Delta T_{\min} = 8^\circ\text{C}$  достигнет значения  $Q_{\text{rec}} = 2965$  кВт. В работе [8] были определены значения мощности горячих, холодных утилит и рекуперации теплоты в настоящее время  $Q_{H\min} = 2612$  кВт,  $Q_{C\min} = 2610$  кВт,  $Q_{\text{rec}} = 2542$  кВт, что и позволяет определить энергосберегающий потенциал процесса. Наглядно энергосберегающий потенциал процесса деэтанализации и стабилизации катализата приведен в таблице.

Таблица

Сравнение энергопотребления в существующем и проектируемом процессе

	Существующий процесс, кВт	Интегрированный процесс, кВт	Уменьшение энергопотребления, %
Горячие утилиты	2612	2107	20
Холодные утилиты	2610	2105	20

**Выводы.** В результате обследования процесса деэтанализации и стабилизации катализата на установке переработки нефти Л-35-11/600 были выявлены недостатки существующей теплообменной системы, которые приводят к увеличению энергопотребления. Достигнутая минимальная разность температур между холодной и горячей составными кривыми, позволяет уменьшить энергопотребление.

**Список литературы:** 1. Мешалкин В.П. Основы теории ресурсосберегающих химико-технологических систем. Учебное пособие/ В.П. Мешалкин, Л.Л.Товажнянский, П.А. Капустенко/ – Харьков: НТУ «ХПИ», – 2006. – 412с. 2. Дови В.Г. Основы экономии ресурсосберегающих интегрированных химико-технологических систем и окружающей среды/ В.Г. Дови, Л. Пуйджанер, Р. Смит, В.П. Мешалкин/ DICHER, Universita degli Studi di Genova, Italy, – 1999. – 444р. 3. Смит Р. Основы интеграции тепловых процессов. Харьков. НТУ «ХПИ» / Р. Смит, Й. Клемеш, Л.Л. Товажнянский, П.А. Капустенко, Л.М. Ульев./ –Библиотека журнала ИТЭ. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2000. – 457 с. 4. Plesu V. Catalytic, reforming plant simulation for energy saving and rational use of hydrogen / Plesu V., Baetens D., Vumbac G.// 1th Conference on process integration, modeling and optimization for energy saving and pollution reduction. PRES'01. Chemical engineering translations, – 2001. – Vol. 2. – p. 489-492. 5. Товажнянский Л.Л. Интеграция тепловых процессов на установке первичной переработки нефти АВТ А12/2 при работе в зимнее время / Л.Л. Товажнянский, П.А. Капустенко, Л.М. Ульев, С.А. Болдырев, М.В. Тарновский // Теорет. основы хим. технологии. – 2009. – Т. 43, –№6. – С. 665–676. 6. Клемеш Й. Применение метода пинч-анализа для проектирования энергосберегающих установок нефтепереработки / Й. Клемеш, Ю.Т. Костенко, Л.Л. Товажнянский, П.А. Капустенко, Л.М. Ульев, А.Ю. Перевертайленко, Б.Д. Зулин // ТОХТ. – 1999. Т. 33, № 4. С. 420 – 431. 7. 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. 8. Товажнянский Л.Л. Теплоэнергетическая интеграция химико-технологических процессов – инструмент энергосбережения и уменьшение вредных выбросов / Л.Л. Товажнянский, Л.М. Ульев//Матеріали ІІІ Українського екологічного конгресу – К: Центр екологічної освіти та інформації, – 2009, с. 193–197. 8. Ульев Л.М. Экстракция данных процесса деэтанализации и стабилизации катализата на установки каталитического риформинга/ Л.М. Ульев, Д.Д. Нечипоренко, О.А. Яценко// Вестник национального технического университета «ХПИ» - 2012 №10, с. 79–84. 9. Nordman R. New process integration methods for heat – saving retrofit projects in industrial systems / R. Nordman – Chalmers University of Technology. Goteborg, Sweden. – 2005. – 77 p. 10. Ульев Л.М. Программное обеспечение для проектирования теплообменных сетей – HINT/ Ульев Л.М., Яценко О.А// Вестник Национального технического университета «ХПИ» – 2012. – №10. – с. 61–72.

Поступила в редколлегию 21.07.12