

Дана стаття присвячена можливій тепловій інтеграції в процесі ректифікації суміші ацетон-метанол. 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 складатиме 3 місяці.

**Ключові слова:** тепла 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.

УДК 658.28:665.63:338.44

*Л.М. УЛЬЕВ*, д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»;

*К.А. ЯКОВСКИЙ*, студент, НТУ «ХПИ»

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО ПОТЕНЦИАЛА ДЛЯ ВАКУУМНОГО БЛОКА УСТАНОВКИ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕГОНКИ НЕФТИ ТИПА АВТ С ПОМОЩЬЮ ПИНЧ-АНАЛИЗА**

В данной работе представлены расчеты и выводы для оценки экономического и энергетического потенциала энергосбережения для вакуумного блока установки типа АВТ. После внедрения разработанного проекта будет существенно снижено расходы предприятия на энергоносители, существующая система теплообмена будет усовершенствована.

**Ключевые слова:** нефтепереработка, вакуумный блок, пинч-анализ, сеточная диаграмма, энергосберегающий потенциал, составные кривые

**Постановка проблемы в общем виде и её связь с важными научно-практическими заданиями.** В связи с тем, что приоритетное положение среди первичных энергоносителей в мировом топливно-энергетическом комплексе (ТЭК) занимает нефть (35,8%), вопросам развития нефтеперерабатывающей промышленности во всех странах мира уделяется наибольшее внимание. Нефтяная и нефтехимическая отрасли промышленности Украины являются одними из самых более энергоемких производств. Учитывая то, что на украинских НПЗ (нефтеперерабатывающих заводов) большая часть технологических

© Л.М. Ульев, К.А. Яковский. 2013

установок строилась в 60-х и 70-х годах – энергопотребление в основных процессах нефтепереработки и нефтехимии на 30 – 60% выше, чем в современных зарубежных установках.

И даже не смотря на то, что в Украине приняты и действуют Закон "Об энергосбережении", целый ряд ГОСТов в области энерго- и ресурсоиспользования, работает Государственный Комитет по энергосбережению, в стране сохраняется тенденция к росту энергоемкости продукции, которая появилась в Украине после экономического спада 1989 г. Даже в сравнении со странами СНГ и другими странами с переходной экономикой, этот показатель остается выше. Анализ литературных источников и практика говорят о том, что с помощью метода пинч-анализа удастся снизить экономические затраты предприятий на энергоресурсы в среднем на 30–60%. В данной работе приведен анализ теплоэнергетической системы вакуумного блока установки типа АВТ.

**Цель исследований, постановка задачи.** В результате комплекса проведенных мероприятий определить энергосберегающий потенциал вакуумного блока установки, модернизировать существующую теплообменную систему. Привести экономические результаты внедрения пинч-технологии.

**Определение энергосберегающего потенциала.** Определяя и суммируя тепловые нагрузки всех рекуперативных теплообменников, с учётом теплоты конденсации, получаем, что в существующей теплообменной схеме установки АВТ-1 рекуперирована в настоящее время мощность равная 5,1 МВт. Используя технологические данные из потоковой таблицы, полученной ранее, построим на энтальпийно-температурной диаграмме горячую и холодную составные кривые выбранной системы технологических потоков, и далее разместим их таким образом, чтобы интервал перекрытия между ними составил величину в 5,1 МВт

Для снижения энергопотребления в химико-технологической системе (ХТС) необходимо уменьшение минимальной разности температур  $\Delta T_{\min}$  между теплоносителями в теплообменных аппаратах. Это достигается путем сближения составных кривых вдоль энтальпийной оси.

Для того, чтобы экономически оптимально интегрировать рассматриваемый процесс, нам необходимо выяснить наиболее важные экономические значения, существенно влияющие на приведенную стоимость выполненного проекта.

В существующем процессе (рис. 1) значение горячих утилит составляет 10,4 МВт, а холодных утилит 9,4 МВт, значение мощности рекуперации составляет 5,1 мВт. Минимальная разность температур в существующем процессе  $\Delta T_{\min} \cong 138^\circ\text{C}$ .

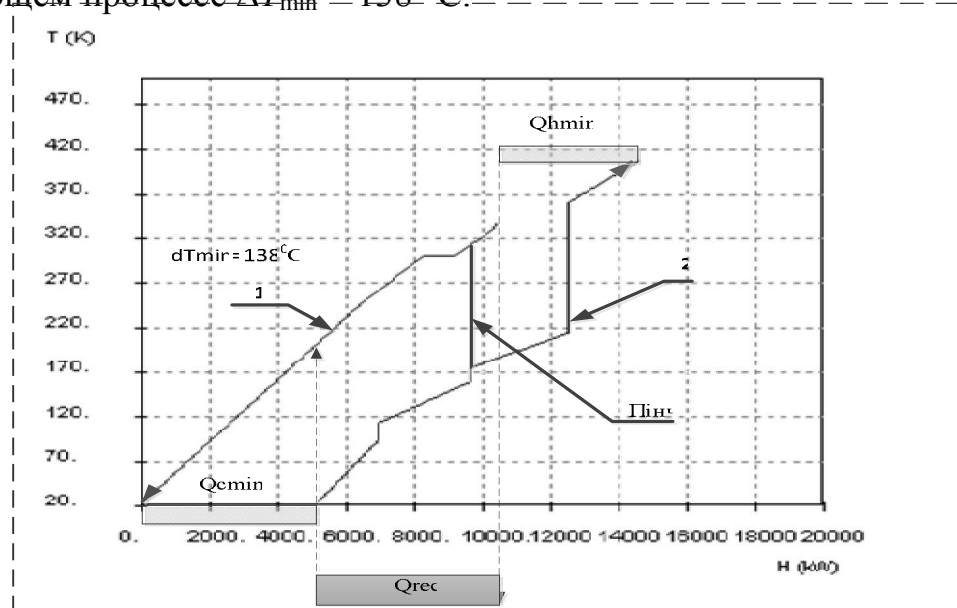


Рис. 1. Составные кривые для существующего процесса.  $Q_{H\min} \cong 4,3$  МВт,  $Q_{C\min} = 5,2$  МВт,  $Q_{REC} = 5,1$  МВт – мощности горячих, холодных утилит и рекуперации тепловой энергии

Для снижения энергопотребления в химико-технологической системе (ХТС) необходимо уменьшение минимальной разности температур  $\Delta T_{\min}$  между теплоносителями в теплообменных аппаратах. Это достигается путем сближения составных кривых вдоль энтальпийной оси. Для того, чтобы экономически оптимально интегрировать рассматриваемый процесс, нам необходимо выяснить наиболее важные экономические значения, существенно влияющие на приведенную стоимость выполненного проекта. Стоимость горячих утилит, использованных в процессе, примем равной 350 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 35 долл. США за 1 кВт год. Используя

цены на теплообменное оборудование, полученные от его производителей, можно еще до выполнения проекта реконструкции оценить необходимые капиталовложения и срок их окупаемости [8]. И так капитальную стоимость одного теплообменного аппарата можно определить выражением:

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

где  $A_T = 5000$  долл. США – стоимость установки одного теплообменного аппарата,  $B_T$  – коэффициент, эквивалентный стоимости  $1 \text{ м}^2$  площади поверхности теплообмена, для кожухотрубчатых теплообменных аппаратов  $B_T = 500$ ,  $c$  – коэффициент, отражающий нелинейную зависимость стоимости теплообменника от величины его поверхности теплообмена. Для кожухотрубчатых теплообменников, как правило,  $c = 0,87$ . Будем считать, что для выполнения проекта предприятие берет в банке кредит сроком на 5 лет с 10% кредитной ставкой. Расчет дисконтированных величин стоимостей проекта процесса гидроочистки сырья позволяет определить значение минимальной разности температур между теплоносителями в будущей системе рекуперации тепловой энергии с учётом существующего теплообменного оборудования,  $\Delta T_{\min} \approx 81 \text{ }^\circ\text{C}$  (рис. 2).

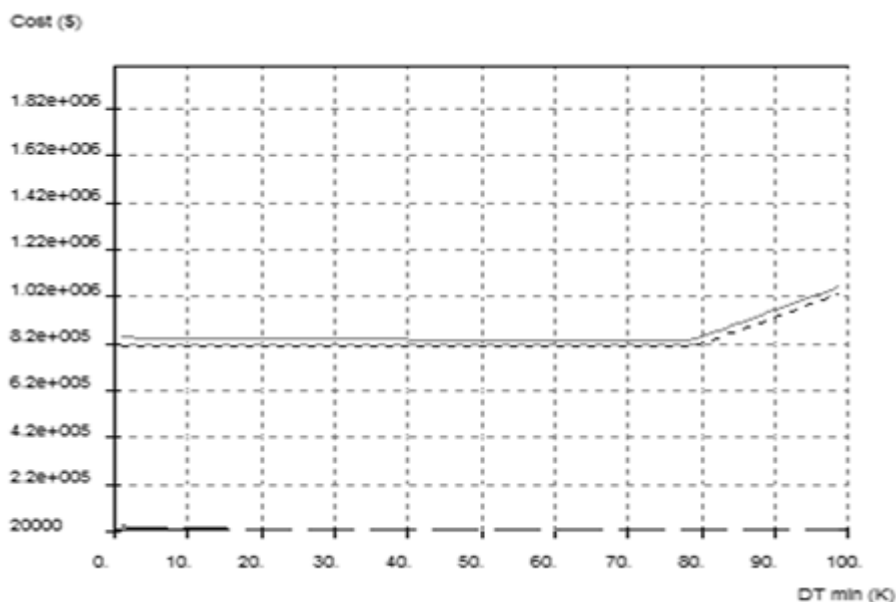


Рис. 2. Зависимость приведенной стоимости от  $\Delta T_{\min}$ . Сплошная линия – общая стоимость, штриховая линия – стоимость энергии.

Это означает, что процесс гидроочистки сырья, выполненный с системой теплообмена при  $\Delta T_{\min}$  выбранном из интервала 80...83 °С будет работать в экономически оптимальном режиме. Большое значение минимальной разности температур, большой перенос энергии через пинч и значительный перекрестный теплообмен говорит о наличии значительного энергосберегающего потенциала в существующем в настоящее время аппаратурном оформлении процесса на АВТ – 1.

Поэтому построим составные кривые для  $\Delta T_{\min} = 81^\circ\text{C}$ , которые помогут более наглядно продемонстрировать весь процесс (рис. 3).

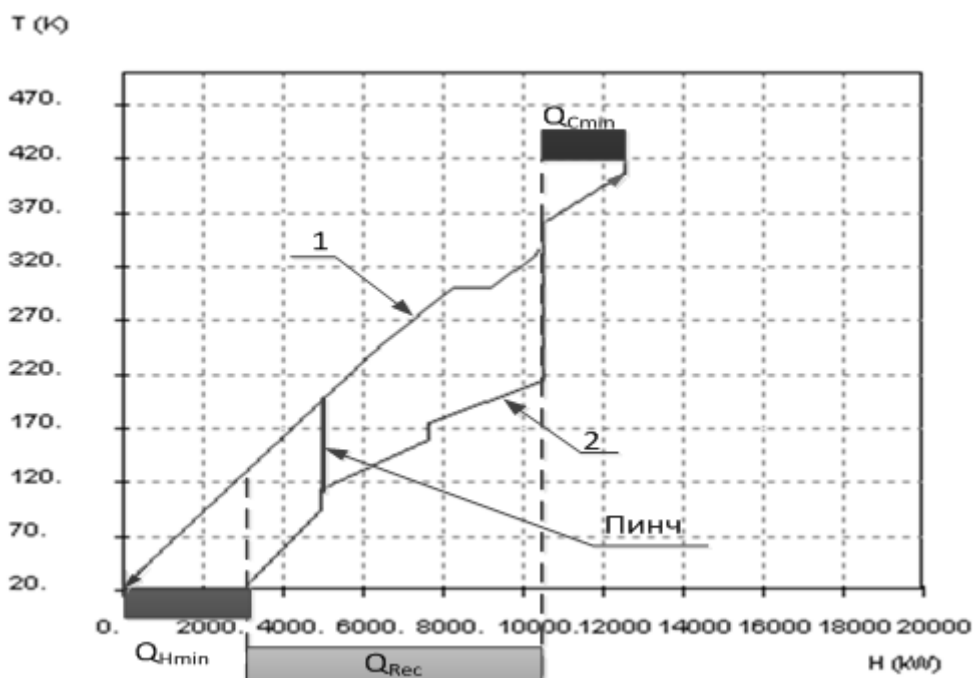


Рис. 3. Составные кривые для проектируемого процесса.  $Q_{H\min}$ ,  $Q_{C\min}$ ,  $Q_{REC}$  – мощности: горячих, холодных утилит и рекуперации тепловой энергии.  $Q_{H\min} = 2,2$  МВт,  $Q_{C\min} = 3,1$  МВт,  $Q_{REC} = 7,25$  МВт.

Мы видим, что пинч локализуется на температуре для горячих потоков, равной 195 °С, и соответственно для холодных потоков – 114 °С. Составные кривые показывают, что при достижении  $\Delta T_{\min} = 81^\circ\text{C}$  значение горячих утилит уменьшается на 49%, холодных утилит на 41%.

Мощность рекуперации тепловой энергии в интегрированной системе с  $\Delta T_{\min} = 81^\circ\text{C}$  достигнет значения  $Q_{\text{rec}} = 7,25$  МВт. Таким образом, с помощью углубления теплоэнергетической интеграции в

вакуумном блоке установки типа АВТ можно уменьшить энергопотребление на 4,2 МВт. Модернизация данной технологической схемы привела к существенному сбережению материальных и энергоресурсов. Комплекс модернизационных мероприятий, проводимых на предприятии, может качественно повлиять как на многие экономические показатели, так и на конкурентоспособность компании в целом, поскольку снижается энергоемкость производства. Предприятие имеет возможность при равных прочих характеристиках выпускать продукцию с себестоимостью ниже аналогичных представителей рынка. Однако модернизация должна иметь комплексный характер, и не ограничиваться лишь одним сектором или участком. При некоторой степени запаса гибкости и приспособленности под различные задачи теплоэнергетическая система может стать гораздо более эффективной и менее затратной.

Данный проект имеет оценочный характер, и помогает предсказать некоторые моменты и последствия внедрения тех или иных решений. При комплексном подходе к организации энергоэффективного производства следует также обращать внимание на возможность дальнейшей оптимизации и интеграции оборудования, систем, блоков производства.

С помощью составных кривых также можно оценить необходимую площадь поверхности теплообмена, поскольку в них заложена необходимая для проведения этого мероприятия информация. Наглядно энергосберегающий потенциал процесса первичной переработки нефти приведен в таблице.

Таблица. Сравнение энергопотребления в существующем и проектируемом процессе

	Существующий процесс, МВт	Интегрированный процесс, МВт
Горячие утилиты	4,3	2,2
Холодные утилиты	5,2	3,1
Рекуперация	5,1	7,25

Мы видим, что в данной ситуации внедрение пинч-метода на установке дало положительный эффект. При этом следует учитывать динамику роста стоимости энергоресурсов. Если ещё сравнительно не так давно окупаемость подобного проекта могла бы быть 25–30 лет, то в современных условиях этот срок значительно меньше.

**Выводы.** В результате работы по модернизации теплообменной сети вакуумного блока установки типа АВТ были выявлены недостатки существующей теплообменной системы, которые приводят к увеличению энергопотребления.

Достигнута минимальная разность температур между холодной и горячей составными кривыми, которая позволяет уменьшить энергопотребление на установке на 4,2 МВт.

**Список литературы:** 1. Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы» <http://esco-ecosys.narod.ru/> 2. Мет. вказівки по розділу «Пінч-аналіз» за курсом «Вступ до спеціальності» / Товажнянський Л.Л., Ульєв Л.М. – Х.: НТУ «ХП», 2010. – 40 с. 3. Смит Р. Основы интеграции тепловых процессов / Р. Смит, Й. Клемеш, Л.Л. Товажнянский, П.А. Капустенко, Л.М. Ульєв – Х.: ХГПУ, 2000. – 457с. 4. Л.М. Ульєв. Екстракція даних для теплоенергетичної інтеграції процесу атмосферного поділу нафти на установці типу АВТ / Л.М. Ульєв, М.В. Ільченко // Вестник НТУ «ХПИ» 2012. – № 39. – с. 83–90. 5. Nordman R. New process integration methods for heat – saving retrofit projects in industrial systems. Chalmers University of Technology. Goteborg, Sweden. 2005. – 77p. 6. Ульєв Л.М. Програмне забезпечення для проектування теплообмінних мереж – HINT / Ульєв Л.М., Яценко О.А. // Вестник НТУ «ХПИ». 2012. – №10. – с. 61–72.

*Поступила в редколлегию 30.09.2013*

УДК 658.28:665.63:338.44

**Определение энергосберегающего потенциала вакуумного блока на установке типа АВТ с помощью пинч-анализа / Ульєв Л.М., Яковський К.А. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х.: НТУ «ХП». 2013. – № 55 (1028). – С. 41–47. Бібліогр.: 6 назв.**

В даній роботі представлені розрахунки і висновки для оцінки економічного і енергетичного потенціалу енергозбереження для вакуумного блоку установки типу АВТ. Після впровадження розробленого проекту буде суттєво зменшено витрати підприємства на енергоносії та вдосконалено існуючу схему теплообміну.

**Ключові слова:** вакуумний блок, установка, теплообмін, пінч-аналіз, інтеграція, складові криві, енерговитрати, утиліти.

This paper presents the calculations and findings to assess the economic and energy saving potential for the vacuum distillation unit type AWT. After implementation of the project will be developed by the significantly reduced energy costs of the company, the current heat exchange system will be improved.

**Keywords:** refining, vacuum section, pinch-analysis, grid diagram, energy saving potential.