

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

## **ПИНЧ-АНАЛИЗ БЛОКА АТМОСФЕРНОЙ ПЕРЕГОНКИ НЕФТИ НА УСТАНОВКЕ ТИПА АВТ**

Цель данной работы заключается в уменьшении энергозатрат блока атмосферной перегонки нефти на установке типа АВТ. В результате исследования были определены недостатки существующей системы теплообмена, энергосберегающий потенциал процесса и минимальная разность температур между холодной и горячей составными кривыми.

**Ключевые слова:** блок атмосферной перегонки нефти, установка, теплообмен, пинч-анализ, интеграция, составные кривые, энергозатраты, утилиты.

**Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научно-практическими заданиями.** Одной из самых актуальных проблем украинской экономики является проблема обеспечения промышленности энергоносителями. Запасов нефти и газа не достаточно, а увеличение объемов добычи и развития инфраструктуры требуют значительных инвестиций. Ежегодный вклад в развитие украинской экономики – порядка 1 млрд. долл., в том числе не менее 200 млн. долл. – в повышение энергоэффективности предприятий. Страна ежегодно потребляет приблизительно 210 млн. т (у.т.) топливно-энергетических ресурсов и относится к энергодефицитным странам [1].

Обеспечение государства собственными ресурсами составляет около 37% [2]. На сегодняшний день государство покрывает свои потребности в энергопотреблении приблизительно на 53% и импортирует 75% необходимого объема естественного газа и 85% сырой нефти и нефтепродуктов. Такая структура топливно-энергетических ресурсов экономически несостоятельна. Она порождает зависимость экономики Украины от стран-экспортеров нефти и газа и являет собой угрозу для ее энергетической безопасности.

### **Анализ последних исследований и публикаций.**

На современном этапе развития цивилизации экономический рост в любой стране связан с функционированием топливно-энергетического

комплекса. При этом наиболее конкурентоспособными являются те страны, где энергетические ресурсы используются в максимальном объеме и с высокой степенью эффективности.

В промышленно развитых странах уже более 20 лет, развиваются и используются энергосберегающие методы интеграции процессов. Значительный прогресс в этом вопросе достигнут благодаря разработке теории интеграции тепловых процессов и методов пинч-анализа [3].

Пинч-анализ используется для определения целевых значений стоимости энергии, которая потребляется химико-технологической системой (ХТС) и необходимых инвестиций в создание теплообменной системы, которая и выполняет энергосберегающие функции.

Срок окупаемости проектов по реконструкции, разработанных с использованием метода пинч-анализа, не превышает 2-х лет. Применение пинч-метода позволяет добиться существенной финансовой экономии за счет минимизации использования внешних энергоносителей, как подводящих энергию, так и отводящих, путем максимального применения рекуперации теплоты в рамках рассматриваемой энерготехнологической системы. В случае модернизации существующих производств, пинч-технологии позволяют максимально использовать уже установленное оборудование, но в новых рабочих сетях, что снижает инвестиции в реконструкцию [4].

#### **Цель исследований, постановка задачи.**

Повышение эффективности использования теплообменного оборудования на действующих нефтеперерабатывающих заводах является важным энергосберегающим мероприятием. Поэтому в данной работе определяется энергосберегающий потенциал блока атмосферного разделения нефти на установке типа АВТ.

#### **Определение энергосберегающего потенциала.**

Рассмотрев блок атмосферного разделения нефти на установке типа АВТ (рис.1) были обнаружены недостатки существующей теплообменной системы, которые приводят к увеличению потребления энергии [5].

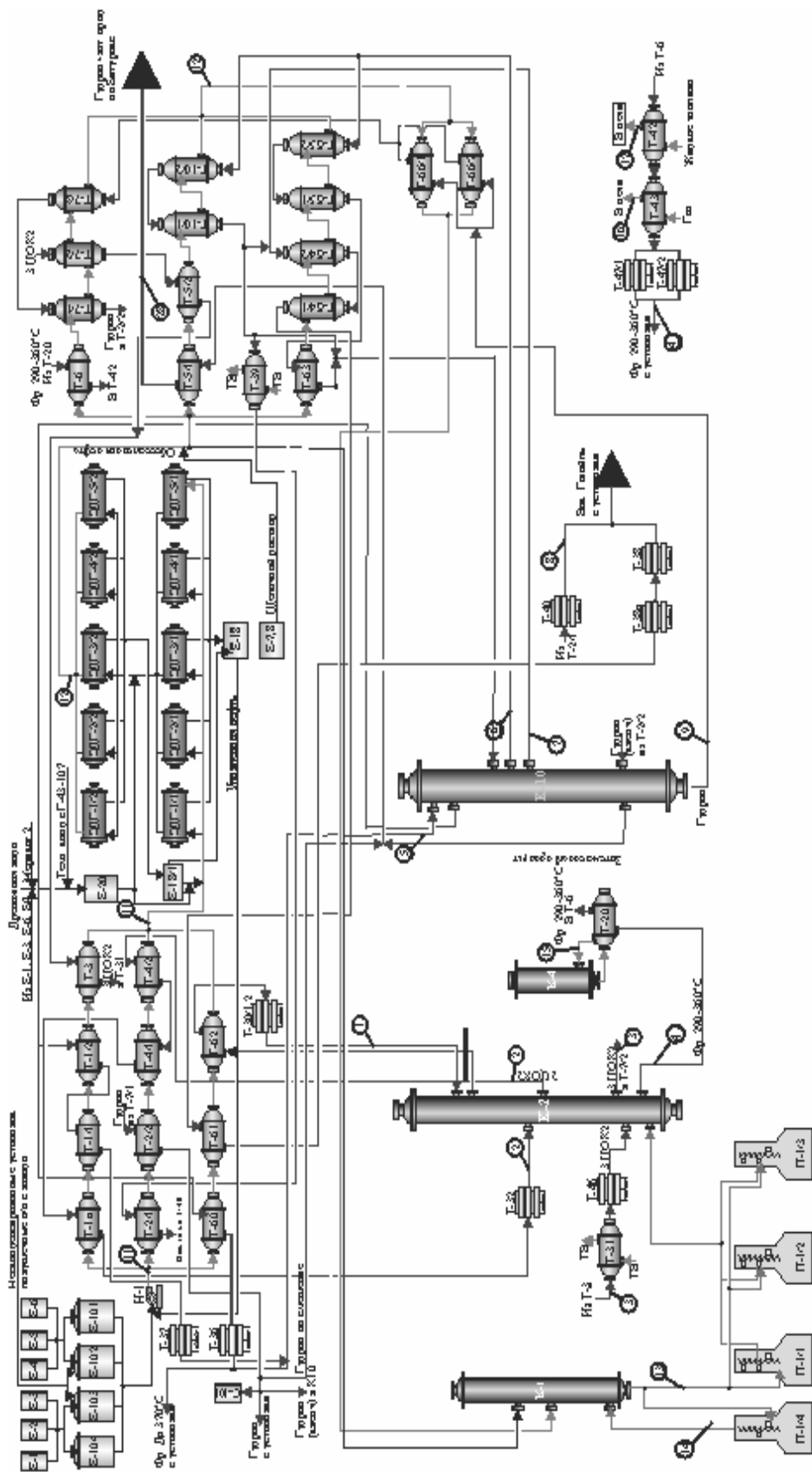


Рис. 1 – Технологическая схема блока атмосферного разделения нефти на установке типа АВТ:  
 К-1 – предварительный эвапоратор; К-2 – ректификационная колонна; Н – насос;  
 П-1/1, П-1/2, П-1/3, П-1/4 – блок подогрева нефти и нефтепродуктов; Е – ёмкости.

Используя полученные ранее данные [5], построим на энтальпийно-температурной диаграмме горячую и холодные составные кривые выбранной системы технологических потоков (рис. 2).

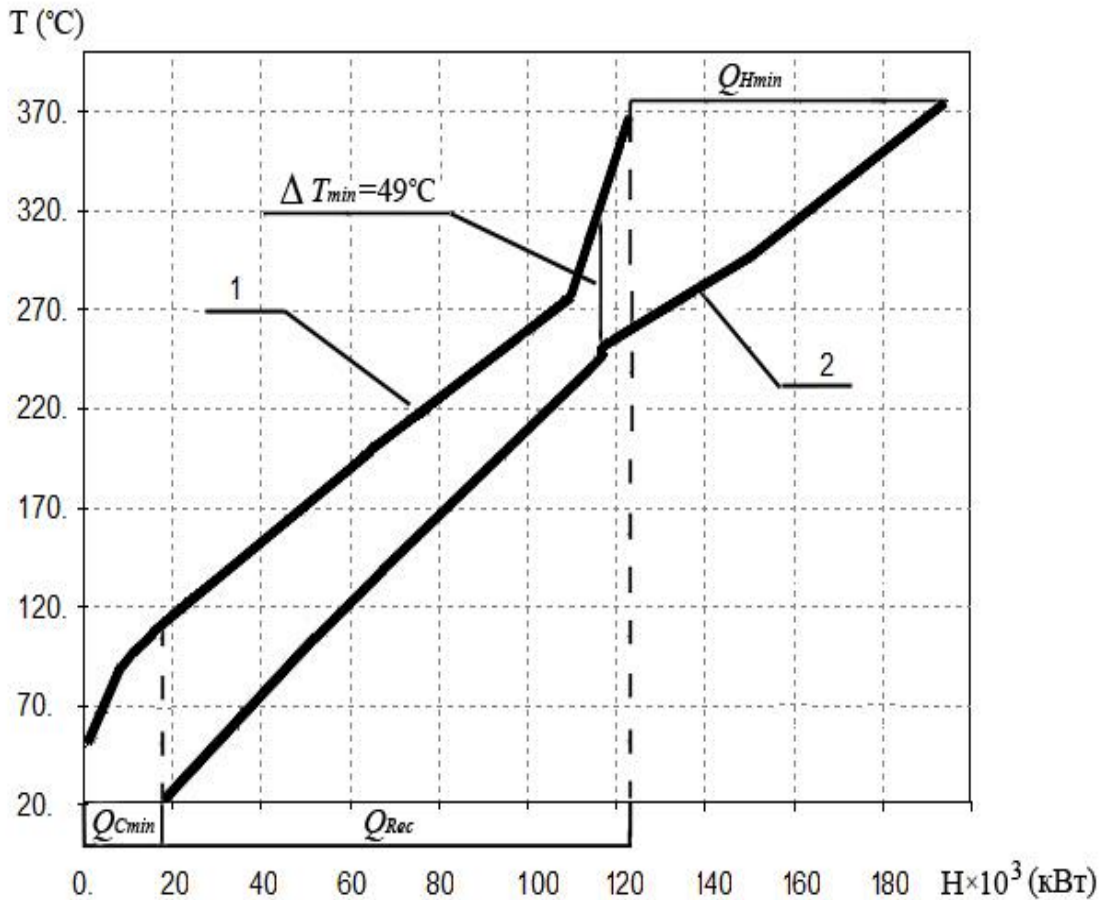


Рис. 2 – Составные кривые процесса переработки нефти: 1 – составная кривая горячих потоков; 2 – составная кривая холодных потоков;  $Q_{Hmin}$  и  $Q_{Cmin}$  – потребление мощности горячих и холодных утилит;  $\Delta T_{min}$  – минимальная разность температур

В существующем процессе значение горячих утилит составляет 71 660,40 кВт, а холодных утилит 18517,5 кВт, значение мощности рекуперации составляет 104282,9 кВт. Минимальная разность температур в существующем процессе  $\Delta T_{min} = 49$  °С.

Для снижения энергопотребления в ХТС необходимо уменьшение минимальной разницы температур между теплоносителями в теплообменных аппаратах.

Для того чтобы экономически оптимально интегрировать рассматриваемый процесс, нам необходимо выяснить наиболее важные эконо-

мически 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 [6]. Итак, 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, для пластинчатых теплообменных аппаратов  $A_T = 5000$  долл. США;

$B_T$  – коэффициент, эквивалентный стоимости 1 м<sup>2</sup> площади поверхности теплообмена, для кожухотрубчатых теплообменных аппаратов  $B_T = 500$ , для пластинчатых  $B_T = 800$ ;

$S$  – площадь поверхности теплообмена теплообменного аппарата;  $c$  – 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 3 года с 10%-ной кредитной ставкой.

Оптимальное значение  $\Delta T_{\min}$  было получено с помощью программы «Hint» [7], кривые зависимости приведенной стоимости от  $\Delta T_{\min}$  представлены на рис. 3.

Анализ зависимости приведенной стоимости от  $\Delta T_{\min}$  показывает, что процесс первичной переработки нефти будет протекать в экономически оптимальном режиме в интервале температур  $\Delta T_{\min} \in [8 \text{ }^\circ\text{C}; 15 \text{ }^\circ\text{C}]$ ,

поэтому для минимизации площади поверхности теплообмена выберем значение  $\Delta T_{\min} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ .

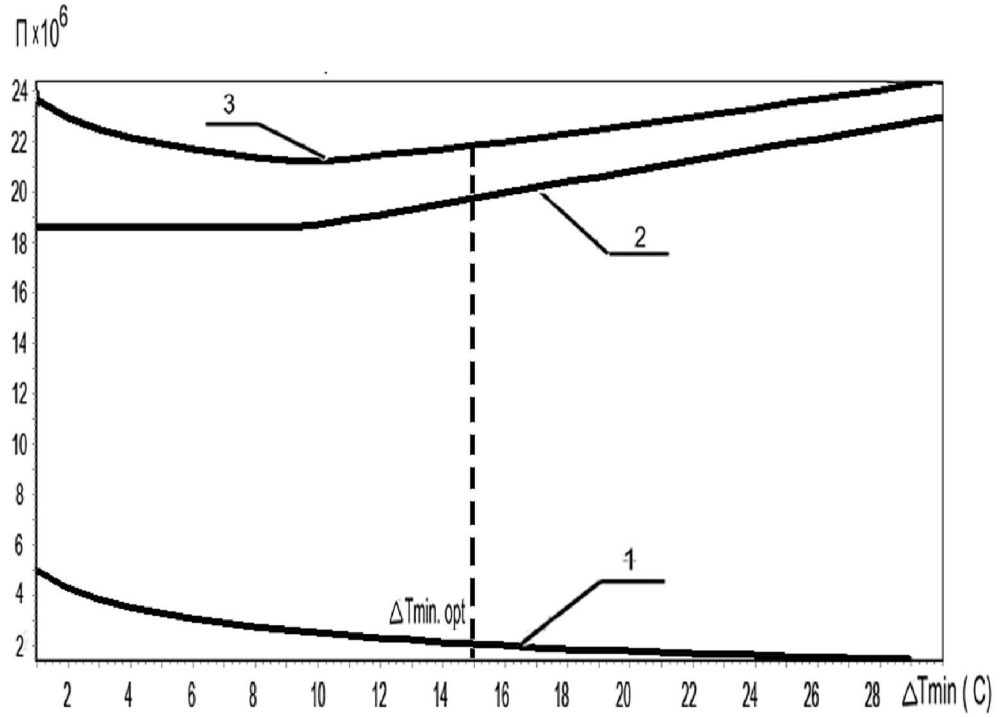


Рис. 3 – Зависимость приведенной стоимости от  $\Delta T_{\min}$ : 1 – инвестиции в оборудование; 2 – энергия; 3 – общая стоимость;  $\Delta T_{\min, opt} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$

Построим составные кривые для  $\Delta T_{\min} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$  (рис. 4).

Пинч локализуется на температуре для горячих потоков равной  $265 \text{ }^\circ\text{C}$  и  $250 \text{ }^\circ\text{C}$  для холодных потоков. Сдвинув холодную составную кривую к горячей, и обеспечив разность температур в  $15 \text{ }^\circ\text{C}$  видим, что мощность рекуперации равна  $119796,47 \text{ кВт}$ , значения горячих и холодных утилит составляют  $56148,94 \text{ кВт}$  и  $3003,93 \text{ кВт}$  соответственно.

Так расход горячих утилит сократился примерно на  $15511,46 \text{ кВт}$ , а холодных – на  $15513,57 \text{ кВт}$ .

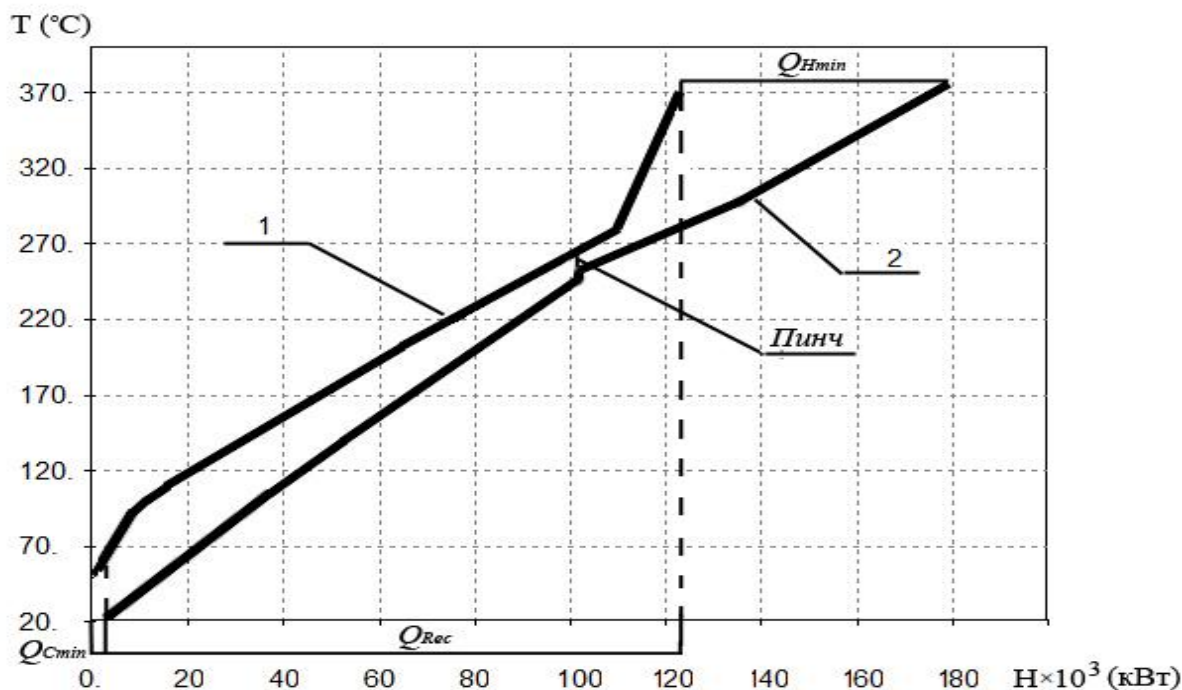


Рис. 4 – Составные кривые процесса первичной переработки нефти для  $\Delta\Phi_{min}=15\text{ }^{\circ}\text{C}$ : 1 – составная кривая горячих потоков; 2 – составная кривая холодных потоков;  $Q_{Hmin}$ ,  $Q_{Cmin}$ ,  $Q_{Rec}$  – потребление мощности горячих, холодных утилит и мощность рекуперации;  $\Delta\Phi_{min}$  – минимальная разность температур

Наглядно энергосберегающий потенциал процесса первичной переработки нефти приведен в таблице.

Таблица – Сравнение энергопотребления в существующем и проектируемом процессах

	Существующий процесс, кВт	Интегрированный процесс, кВт
Горячие утилиты	71 660,40	56 148,94
Холодные утилиты	18 517,5	3 003,93
Рекуперация	104 282,9	119 796,47

**Выводы.** В результате обследования блока атмосферной перегонки нефти на установке типа АВТ были выявлены недостатки существующей теплообменной системы, которые приводят к увеличению энергопотребления. Достигнутая минимальная разность температур между холодной и

горячей составными кривыми, позволяет уменьшить энергопотребление на установке на 15,5 МВт.

**Список литературы:** 1. Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы» – Режим доступа: <http://esco-ecosys.narod.ru/> 2. Методичні вказівки для вивчення учбових матеріалів по розділу «Пінч-аналіз» за курсом «Вступ до спеціальності» для студентів хіміко-технологічних спеціальностей усіх форм навчання / Товажнянський Л.Л., Ульєв Л.М. – Х.: НТУ «ХПИ», 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. Сайт аудиторско-консалтинговой группы «СВ-Аудит» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.sv-audit.ru/services/energy/3> 5. Л.М. Ульєв. Екстракція даних для теплоенергетичної інтеграції процесу атмосферного поділу нафти на установці типу АВТ / Л.М. Ульєв, М.В. Ильченко // Вестник НТУ «ХПИ». 2012. – № 39. – с. 83–90 6. Nordman R. New process integration methods for heat – saving retrofit projects in industrial systems. Chalmers University of Technology. Goteborg, Sweden. 2005. – 77 p. 7. Ульєв Л.М. Программное обеспечение для проектирования теплообменных сетей – НИНТ/ Ульєв Л.М., Яценко О.А. // Вестник НТУ «ХПИ». 2012. – №10. – с. 61–72.

*Поступила в редколлегию 21.03.2013*

УДК 658.28:665.63:338.44

**Пінч-аналіз блока атмосферної перегонки нафти на установці типу АВТ / Л. М. Ульєв, М. В. Ильченко** // Вісник НТУ «ХПИ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПИ». 2013. – № 9 (983). – С. 16–23. – Бібліогр.: 7 назв.

Мета даної роботи полягає в зменшенні енерговитрат блоку атмосферного поділу нафти на установці типу АВТ. В результаті дослідження були виявлені недоліки існуючої системи теплообміну, визначений енергозберігаючий потенціал процесу та мінімальна різниця температур між холодною і гарячою складовими кривими.

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

The aim of this work is to reduce the energy consumption of atmospheric block oil separation plant type AVDU. The study was identifying the shortcomings of the existing system of heat transfer defined energy saving potential of the process and the minimum temperature difference between the cold and hot components of curves.

**Keywords:** atmospheric distillation unit, installation, heat transfer, pinch analysis, integration, composite curves, power, utilities.